



Sustentabilidade das Fachadas Verdes Indiretas na Zona de Lisboa

Reflexão e Melhoramento

Manuel Barros Silva

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em

Arquitetura Paisagista

Orientadores: Professora Auxiliar Maria Teresa Gomes Afonso do Paço

Professora Auxiliar Ana Luísa Brito dos Santos de Sousa Soares

Júri

Professor Doutor Pedro Miguel Ramos Arsénio (Presidente)

Professora Doutora Maria Teresa Gomes Afonso do Paço (Vogal)

Professora Doutora Maria Cabral Matos Silva Aires Pereira (Vogal)

2020

Resumo

Atualmente, as perturbações ambientais causadas pelo homem ganham um especial enfoque e, soluções que possam mitigar estas mesmas perturbações, tendem a ser cada vez mais importantes.

As paredes verdes em meios urbanos possuem características que as elevam ao estatuto de mediador ecológico. Assim sendo, a implementação deste tipo de estruturas na maior paisagem urbana do território português (zona de Lisboa) é de grande importância para o país.

Este trabalho visa ajudar a reorientar a progressão das paredes verdes na zona de Lisboa, explorando as potencialidades de uma tipologia específica de paredes verdes, as fachadas verdes indirectas, potenciando os seus benefícios, ao mesmo tempo que se aumenta a sua sustentabilidade ecológica, financeira e social, através da exploração de técnicas inovadoras, como a rega por alagadores cerâmicos e estruturas de condução de plantas constituídas por materiais biodegradáveis, como o bambu.

É apresentado um caso de estudo de parque essencialmente constituído por fachadas verdes indirectas, com significativa importância no presente e galardoado inúmeras vezes, o “MFO Park”, em Zurich, na Suíça.

É introduzido na temática desenvolvida um ensaio de sistema de rega que utiliza emissores com uma elevada sustentabilidade, denominados “Olla”.

Apresentam-se dois projectos de fachadas verdes indirectas em edifícios do Instituto Superior de Agronomia, localizado na zona de Lisboa, que visam transportar as técnicas teorizadas para circunstâncias reais.

Palavras chave: Fachadas verdes indirectas, Trepadeiras, Sustentabilidade, Alagadores Olla, Soluções de Base Natural.

Abstract

Nowadays, man-made environmental disturbances gain a special focus, and solutions that can mitigate these disturbances tend to be increasingly important.

Green walls in urban areas have characteristics that raise them to the status of ecological mediator. Therefore, the implementation of this type of structures in the largest urban landscape of the Portuguese territory (Lisbon area) is of great importance for the country.

This work aims at helping to reorient the progression of green walls in the Lisbon area by exploring the potential of a specific typology of green walls, indirect green facades, enhancing their benefits, while increasing their ecological, financial and environmental sustainability. Through the exploration of techniques such as irrigation using ceramic flooders and driving structures made of bio degradable materials such as bamboo cane.

A case study of a park consisting essentially of indirect green façades is presented, with significant importance in the present and awarded several times, the “MFO Park”, in Zürich, Switzerland.

It is shown an irrigation system essay, applied to the developed theme, that uses emitters with a high sustainability, called “Olla”.

Two indirect green facade projects are presented, in buildings of the Instituto Superior de Agronomia, University of Lisbon, Portugal, which aim to transport theorized techniques to real circumstances.

Keywords: Indirect green facades, Vines, Sustainability, Root watering system *Olla*, Natural based solution.

Índice

Resumo	I
Abstract	II
Índice de figuras	V
Índice de peças desenhadas	IX
Índice de tabelas	X
1. Introdução	1
2. Contextualização	2
Tipologias de Paredes Verdes	2
Uso das fachadas verdes indiretas	3
Sustentabilidade nas fachadas verdes indiretas	8
Sustentabilidade ecológica	8
Sustentabilidade económica	9
Sustentabilidade social	9
3. Benefícios da utilização de uma fachada verde indireta	10
Aumento da diversidade visual urbana	11
Melhoria da gestão das águas pluviais	12
Aumento da qualidade do ar	13
Redução da temperatura ambiente no interior do edificado e poupança energética	14
Mitigação do efeito “Ilha de Calor”	15
Aumento da fruição nas áreas urbanas e benefícios psicológicos	16
Transformação estética e ética	17
Aumento do valor imobiliário	18
Contributo para o “contínuo verde”	19
4. Condicionantes de uma fachada verde indireta	20

Potenciais interações negativas com o edifício	20
Potenciais interações negativas com a fachada do edifício	21
Potenciais interações negativas com estruturas construídas no solo e subsolo	22
Potencial criação de ambiente propício a pragas urbanas	24
Controlo de pragas urbanas	24
Condicionantes legais	26
5. Material vegetal	27
Escolha de espécies	27
Fitossanidade do material vegetal	31
Manutenção do material vegetal	32
6. Caso de estudo: MFO Park, Zurique, Suíça, 2002	33
7. Proposta de instalação de fachada verde indirecta	37
Locais de intervenções propostas	37
Caracterização do Clima da Zona de Lisboa	41
Meio de enraizamento (substrato/solo)	44
Escolha do material vegetal	45
Sistema de rega	52
Ensaio experimental do sistema de rega “Olla”	55
Estrutura de suporte	73
8. Conclusão	79
9. Bibliografia	81
10. Anexos	87

Índice de figuras

Figura 1 - Parede Verde na Escola Primária Católica St Mary's, Chiswickimary, Reino Unido _____	2
Figura 2 - Parede verde na autoestrada, Cidade do México, México _____	4
Figura 3 -Parede verde no Museu de Arte Moderna, São Francisco, EUA _____	4
Figura 4 – Esquema de tipos de paredes verdes, traduzido de Manso e Castro-Gomes (2015) _____	2
Figura 5 – Foto de fachada verde indireta _____	6
Figura 6 – Foto de parede viva modular _____	6
Figura 7 - Parede viva modular em sacos flexíveis, Campolide, Portugal _____	7
Figura 8 -Bases do desenvolvimento sustentável (Adaptado de GhaffarianHoseini et al. 2013). _____	8
Figura 9 – Simulação de fachada verde indirecta, Praça do Principe Real, Lisboa, Portugal _____	11
Figura 10 – Simulação de fachada verde indirecta e representação da infiltração de água no sub solo atravez de caldeiras, Avenida de Berna, Lisboa, Portugal _____	12
Figura 11 – Simulação de fachada verde indirecta e representação do aumento da qualidade do ar, Calçada da Estrela, Lisboa, Portugal _____	13
Figura 12 – Simulação de fachada verde indirecta e representação de diminuição de temperatura no interior do edificio onde esta foi instalada, Tapada da Ajuda, Lisboa, Portugal _____	14
Figura 13 – Simulação de fachadas verdes indirectas e representação da diminuição do efeito “ilha de calor”, Praça D. Pedro V, Lisboa, Portugal _____	15
Figura 14 – Simulação de uma fachada verde indirecta, Rua Maria Pia, Lisboa, Portugal _____	17
Figura 15 – Simulação de uma fachada verde indirecta, Rua do Salitre, Lisboa, Portugal _____	18

Figura 16 – Simulação de uma fachada verde indirecta, Rua de Campolide, Lisboa, Portugal _____	19
Figura 17 – Interação de sistema radicular com fundações de um edifício ____	20
Figura 18 - <i>Parthenocissus quinquefolia</i> fixa à fachada de um edifício _____	21
Figura 19 - <i>Hedera helix</i> fixa à fachada de um edifício _____	21
Figura 20 – Infraestruturas potencialmente existentes num passeio de 2 metros (Santos 2018) _____	22
Figura 21 – Sistema RootSpace© _____	23
Figura 22 – Representação de área de transmissão de cargas _____	23
Figura 23 – Foto de Ratazana comum (<i>Rattus norvegicus</i>) _____	25
Figura 24 – Foto de Esquilo vermelho (<i>Sciurus vulgaris</i>) _____	25
Figura 25 – Foto de <i>Vitis</i> sp. durante a primavera _____	29
Figura 26 -Foto de <i>Vitis</i> sp. durante o verão _____	29
Figura 27 -Foto de <i>Vitis</i> sp. durante o outono _____	29
Figura 28 - Foto de <i>Vitis</i> sp.durante o inver _____	29
Figura 29 - Exemplo da transposição das cores predominantes na espécie <i>Vitis</i> sp nas quatro estações do ano para um esquema cromático, Primavera, Verão, Outono, Inverno (da esquerda para a direita) _____	29
Figura 30 - Compilação de algumas características de plantas com potencial para integrarem uma fachada verde indirecta na zona de Lisboa. 4 ^A - (Falcón 2007), ^B - (Costello et al. 2000), ^C - («RHS - Inspiring everyone to grow / RHS Gardening» sem data), ^D - («_____» _____	30
Figura 31 – Alçado do parque MFO _____	33
Figura 32 -Representação da ocupação das espécies usadas no Parque MFO _____	34
Figura 33 - Pormenor de construção do sistema de suporte, Parque MFO ____	35
Figura 34 – Pormenor de construção da ancoragem da estrutura, Parque MFO, Zurique, Suíça _____	36

Figura 35 - Locais da proposta, "ANFI" e "BISA", Tapada da ajuda, Lisboa, Portugal	37
Figura 36 – Região envolvente de Lisboa, Adaptado de (LEAF 2013).	41
Figura 37 - Temperaturas médias máxima mensal, média mínima mensal, mínimas absolutas e máximas absolutas do ar na Tapada da Ajuda, Lisboa (normais climatológicas 1971/2000 (Magro 2006)).	42
Figura 38 – Normais de precipitação 1971/2000, Tapada da Ajuda (normais climatológicas 1971/2000 (Magro 2006)).	42
Figura 39 - Evapotranspiração potencial média mensal (1971/2000), Tapada da Ajuda (normais climatológicas 1971/2000 (Magro 2006)).	43
Figura 40 -Tipo de solo nos locais de intervenção, CMLisboa. «Carta do tipo de solos em Lisboa». Lisboa, 2016	44
Figura 41 – Foto de Campsis x tagliabuana	46
Figura 42 – Foto de Wisteria sinensis	46
Figura 43 – Foto de Lonicera periclymenum sub. Hispanica	46
Figura 44 – Foto de Fallopia baldschuanica	46
Figura 45 – Foto de Vitis sp.	46
Figura 46- Foto de Actinidia kolomikta	49
Figura 47 – Foto de Clematis vitalba	49
Figura 48 – Foto de Lonicera japonica	49
Figura 49 – Foto de Lonicera periclymenum	49
Figura 50 – Foto de Jasminun officinale	49
Figura 51 – Foto de programador de rega WP1	52
Figura 54 - Alagador Olla	54
Figura 52 – Alagadores Hunter©	54
Figura 53 – Alagadores Rainbird®	54
Figura 55 - Local do ensaio, "Casa de sombra", Tapada da Ajuda, Lisboa, Portugal	55

Figura 56 - Local do ensaio experimental, "Casas de sombra", Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal	56
Figura 57 – Foto de rolha/tampa	57
Figura 58 – Construção da base do emissor	58
Figura 59 - Rolo para construção da parede	58
Figura 60 - Construção de emissores	58
Figura 61 – Construção da parede do emissor	59
Figura 62 - Construção das paredes do emissor	59
Figura 63 – Alagadores “Olla” , A.F., B.G., B.F., A.G. (da esquerda para a direita) no local de instalação do ensaio experimental	59
Figura 64 – Pormenor de instalação, alagador A.F..	60
Figura 65 – Instalação dos Alagadores	60
Figura 66 – Pormenor de instalação, alagador A.F..	61
Figura 67 – Evidência de bolbo humido á superfície	61
Figura 69 - Layout do software "ETo calculator"	62
Figura 69 - Quantidade acumulada de água debitada pelos emissores ao longo do ensaio.	65
Figura 70 - Comparação relativa de água debitada pelos emissores ao longo do ensaio.	66
Figura 71 - Débito do emissor A.F., evapotranspiração de referência (ETo), evapotranspiração da paisagem da fachada verde indirecta ANFI (ETL ANFI) e. da evapotranspiração da paisagem da fachada verde indirecta BISA (ETL BISA).	67
Figura 72 - -Débito do emissor A.G., da evapotranspiração de referência da evapotranspiração da paisagem da fachada verde indirecta ANFI e. da evapotranspiração da paisagem da fachada verde indirecta BISA	67
Figura 73 -Débito do emissor B.G. e da evapotranspiração de referência, da evapotranspiração da paisagem da fachada verde indirecta ANFI e. da evapotranspiração da paisagem da fachada verde indirecta BISA	68

Figura 74 - Débito do emissor B.F. e da evapotranspiração de referência, da evapotranspiração da paisagem da fachada verde indirecta ANFI e. da evapotranspiração da paisagem da fachada verde indirecta BISA	68
Figura 76 - Coeficiente de Stress Hídrico (K_s) no projeto ANFI relativo a um sistema de rega com os diferentes emissores.	69
Figura 77 - Coeficiente de Stress Hídrico (K_s) no projeto BISA relativo a um sistema de rega com os diferentes emissores.	69
Figura 78 - Comparação de ETL para as plantas sugeridas nos projectos ANFI e BISA, e débitos emitidos pelos emissores Olla	70
Figura 79 - Foto de estrutura de construída, Shanghai, China	74
Figura 80 - Foto demonstrativa do funcionamento de um varão roscado soldado a um tijolo através de uma bucha química	75

Índice de peças desenhadas

Peça desenhada 1 - Planta vermelhos e amarelos, "ANFI"	39
Peça desenhada 2 - - Planta vermelhos e amarelos, "BISA"	40
Peça desenhada 3 - Plano de Plantação "ANFI"	47
Peça desenhada 4 - Alçado "ANFI"	48
Peça desenhada 5 - Plano de plantação "BISA"	51
Peça desenhada 6 - Alçado "BISA"	51
Peça desenhada 7 – Plano de rega "ANFI"	71
Peça desenhada 8 - Plano de rega "BISA"	72
Peça desenhada 9 -Simulação do desenvolvimento dos caules "ANFI"	76
Peça desenhada 10 - Estrutura de suporte e pormenor de ancoragem "ANFI"	77
Peça desenhada 11 - Estrutura de suporte e pormenor de ancoragem "BISA"	78

Índice de tabelas

Tabela 1 - Coeficiente de Vegetação das plantas propostas para as fachadas verdes indirectas	63
Tabela 2 - Dados meteorologicos recolhidos pela estação meteorológica do Aeroporto Umberto Delgado, Lisboa, Portugal, e ETo calculado no software EToCalculator	87
Tabela 3 - Debito calculado para cada emissor Olla, através da água fornecida a cada emissor, divida pelo número de dias de intervalo entre as vistorias, e dividindo pela área do bolbo húmido considerado (25 cm^2)	88
Tabela 4 – Quantidade de água adicionada a cada emissor. Alto e fino (A.F.), Alto e grosso (A.G.), Baixo e grosso (B. G.) e Baixo e fino (B. F.) nos dias assinalados no topo das colunas.....	88
Tabela 5 -Valores utilizados para o cálculo do ETL das plantas da zona ANFI	88
Tabela 6 -Valores utilizados para o cálculo do ETL das plantas da zona BISA	88

1. Introdução

Após a criação e construção de fachadas verdes em Lisboa que não tiveram sucesso, proliferou a ideia de que a existência de paredes verdes na zona de Lisboa poderá não ser sustentável. Este trabalho visa ajudar a reorientar a progressão das paredes verdes nesta zona, começando por explorar as características e potencialidades das paredes verdes, e posteriormente, mais pormenorizadamente, uma tipologia destas: a fachada verde indirecta.

É considerado e aprofundado o conceito de sustentabilidade, tentando ao longo do desenvolvimento do trabalho explorar práticas e técnicas que tendem a aumentar a sua sustentabilidade ecológica, financeira e social.

É dado um especial enfoque aos potenciais benefícios que a existência de fachadas verdes geram, como por exemplo o aumento da qualidade do ar, ou a mitigação do efeito “Ilha de Calor”, tentando sempre representar estes benefícios visualmente, através do uso de imagens.

São também tidas em contas as potenciais condicionantes e limitações a considerar quando uma fachada verde indirecta é projectada, como por exemplo, as interações negativas com o edifício.

Analisa-se o material vegetal que poderá vir a integrar uma fachada verde indirecta, e que situações deverão ser tidas em conta, como por exemplo a manutenção do material vegetal ou alguns cuidados em termos de fitossanidade.

Apresenta-se um caso de estudo de um parque essencialmente constituído por fachadas verdes indirectas, com significativa importância no presente e galardoado inúmeras vezes, o “MFO Park”, em Zurique, na Suíça.

É desenvolvido um ensaio que visa demonstrar a possibilidade de aumentar a sustentabilidade das fachadas verdes indirectas através do uso de emissores de rega “Olla”.

Após as considerações compiladas ao longo do trabalho, são desenvolvidos e apresentados dois projectos de fachadas verdes indirectas, aplicados em edifícios do Instituto Superior de Agronomia, da Universidade de Lisboa, e que visam transportar as técnicas teorizadas para circunstâncias reais.

2. Contextualização

Tipologias de Paredes Verdes

As paredes verdes (*green walls*, na terminologia anglo-saxónica) não são um conceito recente, pelo contrário, têm sido extensamente usadas pelo Homem moderno, existindo variados exemplos do seu uso em diversos períodos da História (Edwards, Swift, e Farrar 2001). Inicialmente, o conceito de paredes verdes era bastante simples, e ao longo do tempo foi-se diversificando, existindo no presente uma grande variedade de técnicas com objetivos muito similares (Manso e Castro-Gomes 2015).

No início, o Homem apenas se limitou a reproduzir nas suas construções aquilo que já acontecia na natureza, ou seja, a existência de uma planta trepadora que pelos seus próprios métodos, decorrentes das características anatómicas, tinha a capacidade de trepar uma estrutura/superfície e criar uma camada vegetal ao longo desta (Binabid 2010). No desenrolar do tempo, ao serem adquiridos mais conhecimentos técnicos em diversas áreas, como as das engenharias e das biológicas, diversificaram-se os métodos para incluir as plantas nas construções/edifícios (Köhler 2008).

Os diferentes tipos de paredes verdes distinguem-se principalmente quanto ao grau de complexidade técnica, aos materiais usados, à instalação e aos resultados obtidos. As técnicas utilizadas levam à divisão destas estruturas em duas grandes categorias: fachadas verdes, onde o uso de trepadeiras é obrigatório, podendo estas ser directas, caso as trepadeiras se desenvolvam na superfície do edifício, ou indirectas, caso exista uma estrutura de suporte que conduza as plantas ao longo do edifício; e paredes vivas, onde plantas subarborescentes são plantadas verticalmente ao longo de uma estrutura (Figura 4).

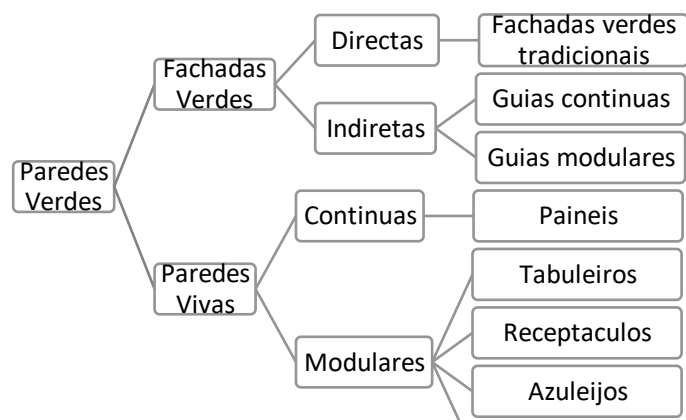


Figura 1 – Esquema de tipos de paredes verdes, traduzido de Manso e Castro-Gomes (2015)

Uso das fachadas verdes indiretas

No presente que nos acolhe, os problemas ligados às alterações climáticas ao nível global são incontornáveis, existindo cada vez mais evidências de que o clima, e tudo o que lhe está subjacente, ir-se-á alterar (Trenberth e al. 2007). Estas mudanças terão inúmeras consequências que ainda são difíceis de prever com exatidão. Uma das soluções mais promissoras que permitirá mitigar este problema assenta na mudança de hábitos locais das populações, o que se irá traduzir num combate global às alterações climáticas (J. P. Costa 2013).

Neste momento, a maioria da população mundial vive em meio urbano e nos próximos anos esta porção tenderá a aumentar (UN DESA 2018). Sendo os meios urbanos, paisagens intensamente modificadas pelo homem, e consequentemente com impactos negativos nestas, será pertinente atuar prioritariamente nestes locais, mostrando também aos seus habitantes que têm um papel preponderante nas alterações climáticas.

Os habitantes destes locais urbanos, muito antropomorfizados, não entendem a globalidade das interações que a sua vivência está a provocar à tríade que acolheu a humanidade durante milénios: território, paisagem e ambiente. Os impactes negativos, tanto locais como globais, que aqui ocorrem, são inúmeros. Como exemplo, pode indicar-se a impermeabilização do solo resultante tanto do edificado como dos pavimentos existentes no meio urbano, que interferem no ciclo hidrológico, dificultando a recarga dos aquíferos e aumentando a velocidade com que a água atravessa o território (Jennings e Jarnagin 2002).

O conceito de sustentabilidade é por vezes incorretamente balizado. Este considera variados fatores dentro das esferas ambientais, económicas e sociais (GhaffarianHoseini et al. 2013). Estratégias que visem o aumento holístico da sustentabilidade do meio urbano através de soluções naturais são fundamentais (European Environmental Agency 2015). Simplificando, estas estratégias passam pela recuperação, conservação e criação de zonas naturais ou semi-naturais dentro do meio urbano («Green Infrastructure - Environment - European Commission» 2012).

As limitações outrora derrubadas pelas ciências distanciaram-nos de uma realidade dura que nos incluía na ecosfera (Serrão 2012), passando a humanidade, a estar cada vez mais isolada numa “redoma que julgamos tudo suportar” (Beckert 2003). Os impactos negativos ambientais que os meios urbanos provocam às várias escalas territoriais são cada vez mais significativos, especialmente quando consideramos que Portugal tem inerente aos seus edifícios um grande desperdício energético («Expresso | Portugal está entre os piores países da Europa na pobreza energética» 2019).

É necessário educar as populações sobre o que está posto em causa, mas de uma maneira, subtil e eficaz (Jonas 1985), tomar consciência sobre os efeitos de todo e qualquer ato humano, responsabilizar convenientemente os protagonistas e, por fim, devolver o papel educador à natureza, envolvendo-a em mística como outrora (Hepburn 1966).

O conceito inerente às paredes verdes é a conjugação de vegetação em locais antropomórficos que se desenvolvem na vertical, como por exemplo num muro (Figura 1), num pilar de um viaduto (Figura 2), ou o mais comum, numa fachada de um edifício (Figura 3). O uso deste tipo de abordagem é potencialmente vantajoso para vários problemas existentes no meio urbano, como a sua contribuição positiva na gestão das águas pluviais, ou mesmo, para a redução da temperatura ambiente no interior do edificado e a poupança energética associada.



Figura 3 - Parede Verde na Escola Primária Católica St Mary's, Chiswickimary, Reino Unido

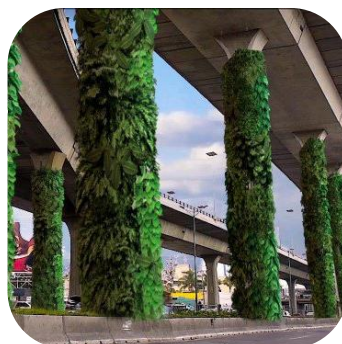


Figura 4 - Parede verde na autoestrada, Cidade do México, México



Figura 2 - Parede verde no Museu de Arte Moderna, São Francisco, EUA

É neste contexto que as fachadas verdes indiretas podem ter um papel preponderante dado que apresentam vantagens relativamente aos outros tipos de paredes verdes como, por exemplo, o menor custo de instalação e manutenção, verificado graças à comunhão entre a estrutura original, estrutura de suporte e plantas trepadeiras usadas. Para além das vantagens que o uso destas pode ter na melhoria das condições da vida humana nos grandes centros populacionais e na mitigação das alterações climáticas (Köhler 2008), podem também concretizar uma alteração nos paradigmas das populações envolvidas. Nos grandes centros populacionais estão também concentrados os poderes económicos e é precisamente nestes locais que ações, quer espontâneas quer planeadas, podem ganhar dimensões inesperadas (Tschumi 1996). As principais características deste tipo de estruturas são a baixa necessidade de recursos para a sua instalação e manutenção, a sua fácil replicação em edifícios que não tenham sido construídos para este propósito e os impactos positivos que têm nos processos naturais (Manso e Castro-Gomes 2015).

A implementação do conceito, parede verde, em espaços reais não é nova. As questões a explorar serão, as técnicas e as soluções que passem a tornar este conceito, no caso específico de Portugal, sustentável. Ponderar este assunto, de maneira a criar um objeto dual, vivo e inanimado, que consiga prolongar a sua existência de uma maneira conveniente, junto do ser humano. O que se propõe com este trabalho é talhar certas partes deste objecto, como a estrutura de suporte, sistema de rega e espécies capazes de se desenvolverem neste meio, de maneira a melhorar o seu todo.

As fachadas verdes (Figura 5) são, na sua grande maioria, bastante mais simples que as paredes vivas e mais baratas mas apresentam resultados menos imediatos. Estão também muito limitadas relativamente à variedade de espécies que podem receber, usando estruturas fixas para conduzir plantas trepadoras com as raízes instaladas no solo. As paredes vivas (Figura 6) são geralmente complexas, têm maiores custos tanto na instalação como na manutenção, podem conter nas suas estruturas uma grande variedade de espécies e causam um impacto visual imediato após a sua instalação, através do uso de suportes onde as raízes de plantas semi-arbustivas se irão desenvolver (Dunnett e Kingsbury 2008).

Tendo em conta os factores que afetam o sucesso de uma parede verde, como: a adaptação das plantas usadas ao meio envolvente, os custos de implementação e manutenção da parede verde, nível de conhecimento técnico necessário para a instalar e manter, e considerando a zona de Lisboa como local a instalar uma parede verde, é razoável dizer que o tipo de parede verde que terá provavelmente uma melhor adaptação nesta zona será a fachada verde. Tal deve-se à maior parecença entre o *habitat* típico das plantas usadas neste tipo de estrutura e o *habitat* imposto na fachada e também aos baixos inputs e ao baixo nível de complexidade técnica, que irá permitir uma fácil manutenção não especializada, características que irão aumentar o sucesso destas estruturas.



Figura 5 – Foto de fachada verde indireta



Figura 6 – Foto de parede viva modular

Considerando a zona de Lisboa, o maior input energético que se verifica durante a vida útil das paredes verdes nesta zona está ligado à rega (Corominas 2010). Noutras zonas do planeta, onde o clima é mais ameno, as necessidades hídricas poderão ser menores, devido às menores taxas de evapotranspiração e acabam também por ser parcialmente compensadas pela precipitação, que ocorre ao longo do ano. Antagonicamente, na região de Lisboa, existem períodos de tempo em que a evapotranspiração potencial é muito elevada e nesses mesmos períodos também não é expectável existir precipitação que diminua as necessidades de rega das plantas aí existentes. Tendo em conta que as plantas utilizadas nas fachadas verdes indirectas terão as raízes desenvolvidas no solo e, considerando a sua capacidade natural para reter e disponibilizar água, potencialmente, o maior factor de insustentabilidade deste tipo de paredes verdes na zona de Lisboa deixará de ser problemático (Green 2004).

Um exemplo que demonstra a não adequação das paredes vivas na zona de Lisboa é a parede viva modular em sacos flexíveis instalada na fachada do restaurante “Valenciana” em Campolide. Esta foi instalada em 2017 e as plantas têm-se demonstrado inadequadas às condições climáticas propiciadas, nunca tendo conseguido atingir um estado de desenvolvimento óptimo, onde os sacos deixariam de estar expostos (Figura 7). Esta inadequação pode ser explicada pelas elevadas oscilações da temperatura, ao nível do substrato, pois este está relativamente mais exposto à radiação solar (Heinze et al. 2016).

O grande potencial das fachadas verdes indirectas encontra-se no seu rácio entre custos (financeiros/ambientais) e benefícios (financeiros/ambientais) (Köhler 2008). Estas estruturas têm uma grande capacidade de se tornarem auto-suficientes e são extremamente resilientes relativamente a situações climáticas extremas e a factores decorrentes da ação humana.



Figura 7 - Parede viva modular em sacos flexíveis, Campolide, Portugal

Sustentabilidade nas fachadas verdes indiretas

A sustentabilidade destas estruturas é fundamental para o seu sucesso e para a sua proliferação. O conceito de sustentabilidade pode ser encarado de variadas formas: sustentabilidade ecológica, sustentabilidade económica e sustentabilidade social, (Figura 8) (Ghaffarian Hoseini *et al.* 2013).

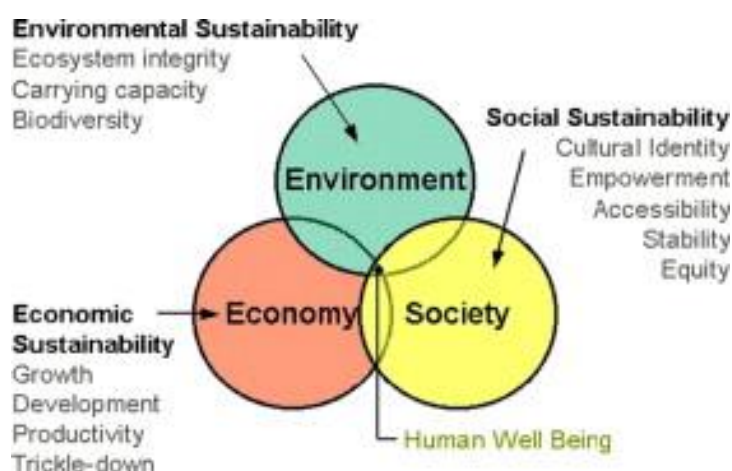


Figura 8 -Bases do desenvolvimento sustentável (Adaptado de GhaffarianHoseini *et al.* 2013).

Sustentabilidade ecológica

Os custos e benefícios ecológicos podem ser imputados a qualquer operação humana, sendo que estes podem ser mais ou menos cabais, tanto espacialmente como temporalmente (Fresco e Kroonenberg 1992). Desta maneira, ao considerarmos o balanço custos *versus* ganhos ecológicos destas estruturas podemos considerar um vasto espectro de condições. Por exemplo, poderá considerar-se desde a perda de biodiversidade no solo que será intervencionado, até ao aumento da biodiversidade junto da parte aérea das plantas inseridas na fachada verde indirecta, ou até ao carbono emitido para produzir o aço de algumas peças da estrutura, *versus* o carbono sequestrado pelas raízes e caules das plantas inseridas na estrutura. É possível então destacar as fachadas verdes indirectas como contribuidores para o aumento da sustentabilidade ecológica, logo sustentáveis ecologicamente (Ragheb, El-Shimy, e Ragheb 2016).

Sustentabilidade económica

Tal como a sustentabilidade ecológica, a sustentabilidade económica deve ser sempre considerada num limite espacial e temporal. Mas esta relaciona-se com a quantidade de recursos, que serão gastos e reavidos (Anand e Sen 2000). Aplicando o conceito de sustentabilidade económica às fachadas verdes indirectas, essa sustentabilidade será o rácio entre os recursos que serão consumidos na construção e manutenção das fachadas e os proveitos obtidos durante a vida útil da estrutura. Se as fachadas verdes indirectas de guias continuas são o tipo de paredes verdes com menores custos de instalação e manutenção e com sensivelmente os mesmos proveitos (Manso e Castro-Gomes 2015), este tipo de parede verde será então o mais sustentável economicamente.

Sustentabilidade social

Este conceito de sustentabilidade, mais recentemente desenvolvido, abarca duas dimensões intrínsecas de um grupo de pessoas ou comunidade. A primeira centra-se na equidade e na justiça social, conceitos estes que não serão aqui explorados. A segunda aborda a estabilidade numérica dos indivíduos da comunidade, que será influenciada pelas interações entre indivíduos, a saúde destes indivíduos, a segurança e proteção a que a comunidade está sujeita e também a sua identidade, o seu orgulho, o seu sentido de lugar (Dempsey et al. 2011). Nesta dimensão, poderemos considerar vários aspetos relativos às fachadas verdes indirectas que podem aumentar a sustentabilidade social. Estas estruturas contribuirão para a melhoria da saúde dos indivíduos que estejam espacialmente envolvidos. Para além disso, estas estruturas, potencialmente, diminuem os efeitos ou previnem a ocorrência de acontecimentos que põem em causa a segurança e proteção dos indivíduos, como as cheias e temperaturas extremas. Por fim, as fachadas verdes indirectas poderão aumentar e melhorar a identidade da comunidade, o seu orgulho, e o seu sentido de lugar, visto que para além do resultado final estar visualmente acessível à comunidade, os próprios processos e materiais de construção poderão ser levados a cabo e produzidos pela própria comunidade, o que não acontece geralmente com outras

tipologias de paredes verdes. Em suma, as fachadas verdes indirectas poderão contribuir para aumentar a sustentabilidade social.

3. Benefícios da utilização de uma fachada verde indirecta

A utilização de paredes verdes pode, quando a implementação é feita de maneira correta, beneficiar variados aspetos do meio urbano, económicos, ecológicos e sociais. Estes aspetos estão intrinsecamente ligados e será difícil dissociá-los. Aquando da sua utilização pontual, os efeitos positivos serão também pontuais. Porém, quando o uso deste tipo de estrutura é mais generalizado e intensivo, os efeitos decorrentes serão progressivamente mais significativos (Safikhani et al. 2014).

As principais vantagens da utilização de uma parede verde são: o aumento da diversidade visual urbana, a melhoria na gestão das águas pluviais, a melhoria da qualidade do ar, a redução da temperatura ambiente no interior do edificado e a poupança energética associada, a mitigação do efeito “Ilha de Calor”, o aumento da fruição nas áreas urbanas e benefícios psicológicos, a transformação estética e ética, o aumento do valor imobiliário das propriedades, e o contributo para o “contínuo verde” nas cidades.

Visto que as fachadas verdes indirectas são paredes verdes, estas também têm as mesmas vantagens anteriormente indicadas. Podem também ser desenhadas de maneira a aproveitar capacidades naturais das plantas (trepar), sem prejudicar as suas necessidades edafoclimáticas naturais, tendo também um custo de implementação e manutenção mais baixo do que as restantes paredes verdes.

Aumento da diversidade visual urbana

Na paisagem urbana existe uma grande tendência para uma monotonia de estruturas devido à elevada percentagem de área edificada, o que acontece devido à necessidade de infraestruturas que compõem o meio urbano. Esta monotonia é atenuada em algumas situações pela existência de vegetação, que acaba por moderar a paisagem, provocando nesta um alívio do contínuo construído (Lundholm 2006). Esta intermitência acontece tanto com grandes manchas de vegetação (parques e jardins), como em pequenos apontamentos de vegetação (árvores de arruamento e canteiros na via pública) (Givoni 1991).

Através do aproveitamento das fachadas dos edifícios, que têm uma grande preponderância visual no meio urbano, como suporte das fachadas verdes indirectas poder-se-á interromper este contínuo cinzento. Dessa forma, contribuirão para que o meio urbano perca parte da sua estrutura monótona, intensamente antropomorfizada, ganhando uma expressão mais ligada à natureza e um aumento da diversidade visual.

A Figura 9 mostra a simulação de uma fachada verde indirecta onde, devido ao reduzido espaço, tanto na zona pedonal como no subsolo, seria impossível ter uma ocupação vertical com outro tipo de estrutura com a mesma dimensão. Esta simulação demonstra também o aumento de diversidade visual urbana numa rua de Lisboa.



Figura 9 – Simulação de fachada verde indirecta, Praça do Príncipe Real, Lisboa, Portugal

Melhoria da gestão das águas pluviais

Em muitos casos, a gestão da água das chuvas no meio urbano é feita através de sumidouros que levam a água para os esgotos, que por sua vez levarão as águas até uma estação de tratamento de águas, ou diretamente para o mar (A. C. M. da Costa 2010). Este tipo de soluções pode muitas vezes não ser eficiente. As falhas podem acontecer devido a problemas de manutenção do sistema de drenagem, ou mesmo devido à incapacidade de o sistema gerir grandes volumes de água, acabando nestas situações limite por se verificarem problemas no meio urbano, como inundações. Através da construção de fachadas verdes indirectas, aumentar-se-á o potencial do meio urbano para absorver a água da chuva (Sharp 2010). As caldeiras destas estruturas agem como reservatórios, que temporariamente poderão acumular água, diminuindo a quantidade total de água que irá sobrecarregar os sistemas de drenagem dos meios urbanos. Dependendo das características do solo e do subsolo das caldeiras, tais como a profundidade, a permeabilidade, a textura, etc., a água para aqui direccionada, é desviada do sistema de drenagem, temporariamente ou de forma mais permanente, ajudando a mitigar os problemas associados às cheias, ou sendo drenada para os aquíferos (Fleckenstein et al. 2004).

A Figura 10 representa a potencial ajuda que as fachadas verdes indirectas poderão dar na gestão de águas pluviais. Esta representação é feita através da evidenciação das caldeiras existentes neste tipo de fachadas, e da exibição da infiltração de água nestas, representada através das setas ziguezagueantes azuis.



Figura 10 – Simulação de fachada verde indirecta e representação da infiltração de água no sub solo através de caldeiras, Avenida de Berna, Lisboa, Portugal

Aumento da qualidade do ar

As paisagens urbanas têm em si variados processos que deterioram a qualidade do ar. Estes processos antropomórficos são, por exemplo, a produção e consumo de energia dos veículos motorizados, que libertam para a atmosfera substâncias como o monóxido de carbono ou metais pesados, como o chumbo (Rodes et al. 1999, West 2004). Contrariando este tipo de problemas, a vegetação no meio urbano melhora a qualidade do ar de variadas maneiras. A influência mais evidente será a absorção e transformação de gases, que em elevadas concentrações reduzem a qualidade do ar, como, por exemplo, o dióxido de carbono (Rahman, Yeok, e Amir 2011). Também, as plantas, como seres vivos vegetais, retêm partículas suspensas no ar, como os metais pesados, em alguns casos em partes do seu organismo (Bruse, Thönnessen, e Radtke 1999), (Pugh et al. 2012).

A Figura 11 representa o aumento da qualidade do ar junto de uma fachada verde indirecta. Esta representação é feita através de setas, que simbolizam o fluxo do ar, onde este inicialmente tem baixa qualidade, representado pela cor castanha e depois de passar pela fachada verde indirecta melhora a sua qualidade (representada pela cor azul clara).

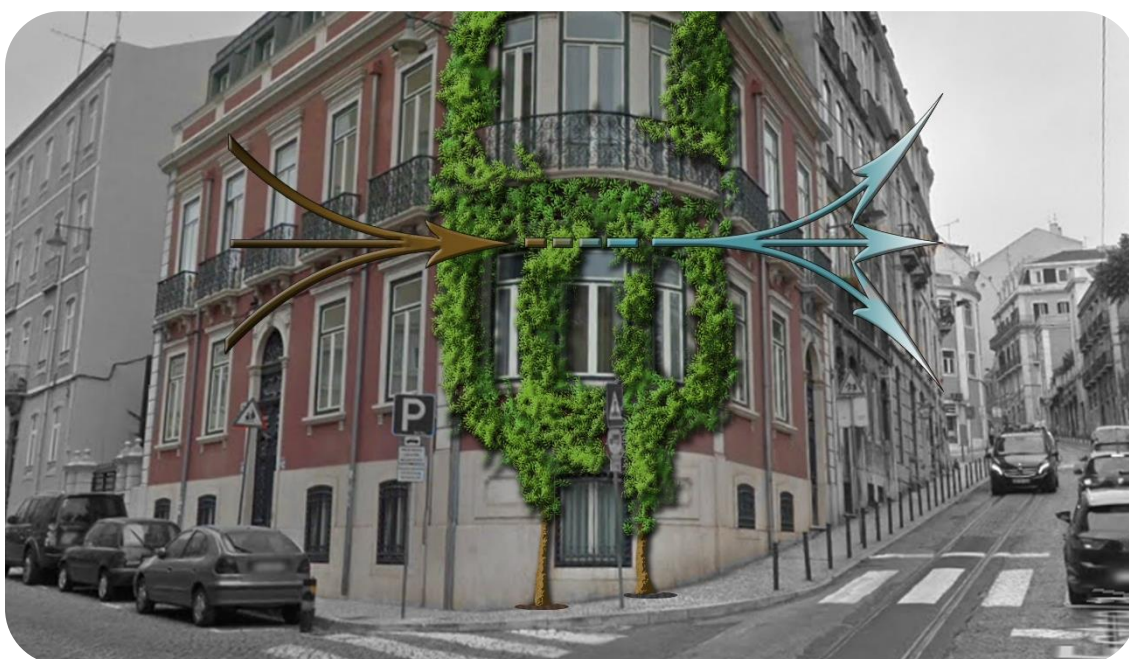


Figura 11 – Simulação de fachada verde indirecta e representação do aumento da qualidade do ar, Calçada da Estrela, Lisboa, Portugal

Redução da temperatura ambiente no interior do edificado e poupança energética

A vivência humana no meio urbano é exigente em termos de conforto. Sazonalmente, durante períodos em que a temperatura no interior do edificado se encontra fora das margens confortáveis para o ser humano, existe um grande esforço energético para que estas retomem diariamente valores mais adequados. Associado a estas tentativas verifica-se um grande consumo energético. Relativamente ao extremo verificado nas épocas mais quentes, o gasto de energia com o intuito de reduzir a temperatura dentro dos edifícios é continuado no tempo. A utilização de fachadas verdes indirectas, nestas situações, pode ajudar a mitigar este gasto de energia. A existência de plantas nestas estruturas, que se prolongam pelas fachadas dos edifícios, permite sombreá-los parcialmente, impedindo assim que a radiação solar incida directamente sobre o exterior destes, diminuindo a temperatura da superfície e do interior (Wong et al. 2010, Safikhani et al. 2014). Para além disto, as plantas irão também absorver a radiação solar, e usá-la nos seus próprios processos fisiológicos, como a transpiração, diminuindo a temperatura junto delas próprias. (Koenigsberger 1975, Rahman, Yeok, e Amir 2011, Mazzali et al. 2013).

A Figura 12 representa um exemplo de uso das fachadas verdes indirectas como barreiras para os raios solares. Esta representação é feita evidenciando os raios solares, representados através da cor amarela, que são “bloqueados” permitindo que o edifício se mantenha mais fresco, representando este facto com um floco de neve.

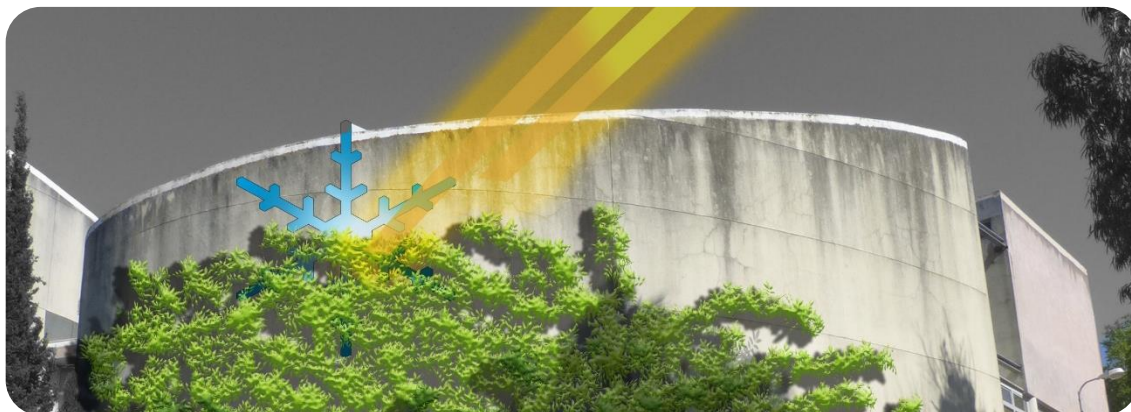


Figura 12 – Simulação de fachada verde indirecta e representação de diminuição de temperatura no interior do edifício onde esta foi instalada, Tapada da Ajuda, Lisboa, Portugal

Mitigação do efeito “Ilha de Calor”

Um dos efeitos mais estudados relacionado com as alterações climáticas é o efeito “ilha de calor”. Este efeito traduz-se no aumento da temperatura em paisagens antropomorfizadas quando comparadas com paisagens menos antropomorfizadas. A maioria das áreas urbanas são constituídas por materiais com albedos reduzidos, fazendo com que estas absorvam uma elevada quantidade de radiação solar, acabando por armazená-la na forma de energia térmica. Para além desta causa/efeito, as atividades humanas desenvolvidas no meio urbano, como por exemplo o uso de veículos motorizados, emitem grandes quantidades de energia calorífica, contribuindo assim também para o aumento da temperatura nestas zonas (Sheweka e Magdy 2011).

A presença da vegetação na paisagem urbana, contribui para a mitigação do efeito “ilha de calor”. A vegetação diminui a área das superfícies edificadas expostas diretamente à radiação solar, com albedos reduzidos, que absorvem a energia solar e a transformam em calor. A vegetação tem um papel quase inverso a este tipo de superfícies artificiais. Esta absorve a energia solar que é perdida na forma de calor latente, no processo fisiológico de transpiração, acabando a vegetação por amenizar a temperatura do ar (Koenigsberger 1975, Santamouris 2014).

A Figura 13 representa a diminuição o efeito “ilha de calor” em zonas da cidade onde existam fachadas verdes indirectas. Esta representação é feita através da cor do céu onde este é colorido de cores quentes junto da zona onde não existem fachadas verdes indirectas.

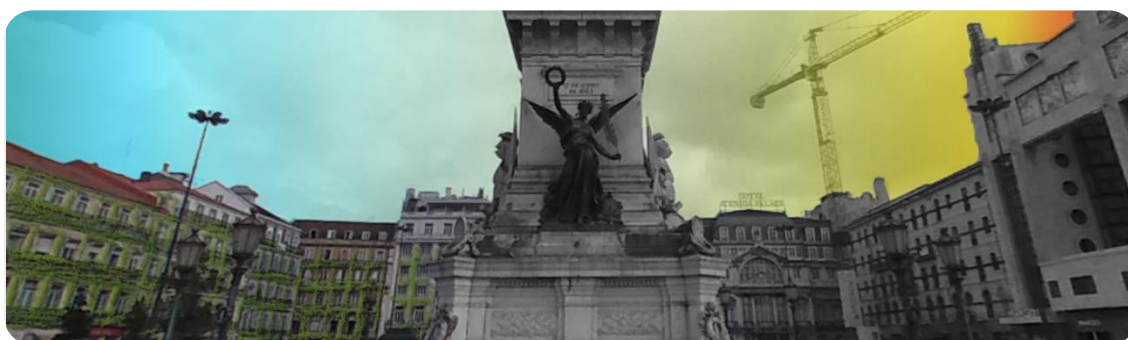


Figura 13– Simulação de fachadas verdes indirectas e representação da diminuição do efeito “ilha de calor”, Praça D. Pedro V, Lisboa, Portugal

Aumento da fruição nas áreas urbanas e benefícios psicológicos

Uma das características mais evidentes das áreas urbanas é a supremacia das construções humanas. A capacidade humana de transformar o ambiente, resultou na herança que hoje em dia se pode chamar de urbe, locais altamente dominados pelo engenho humano (Ribeiro 1998). Após se ter reconhecido a necessidade da existência de vegetação junto do Homem, este tem vindo gradualmente a reintegrá-la no contínuo construído do meio urbano. As zonas verdes existentes nos meios urbanos são extremamente importantes. A maneira como estas interferem na vida da população humana é cada vez mais valorizada. Para além de possibilitarem uma variedade de atividades lúdicas, estas áreas, apenas por estarem ao alcance da visão humana, melhoram a condição psicológica e conseqüentemente a condição física. Este efeito não é exclusivo de grandes espaços verdes, dado que a mera presença de um ser vivo vegetal poderá ter esse mesmo efeito (Givoni 1991).

A estrutura de uma fachada verde indireta contempla o pressuposto da proximidade de vegetação ao ser humano. A proliferação visual de seres vegetais nos limites espaciais criados pelos edifícios, tanto em pequenas pontuações como em grandes extensões, pode dar ao meio urbano uma nova condição onde estes seres vegetais fazem, assiduamente, parte da vida humana, acabando por melhorar a qualidade de vida em seu redor (Perini e Magliocco 2012).

Transformação estética e ética

Com a construção das fachadas verdes indiretas, será possível reescrever uma mensagem inerente à arquitetura do edifício no qual a estrutura será instalada, sem que a mensagem original seja apagada. Isto, através da criação de uma narrativa, simbolizadora de mudança, que será evidenciada quando as plantas inseridas na fachada verde indireta crescerem (Ibelings 1998). Um dos símbolos mais evidentes será a passagem das estações do ano. As plantas, dispostas na fachada do edifício mostrarão diferentes qualidades em diferentes alturas do ano, podendo passar pela “sobriedade” mostrada no inverno graças a inexistência de folhas, como logo em seguida, na primavera, com uma “exuberância” ostentada pelas suas flores (Meyer 2000). Através destas estruturas, também será possível uma parcial reintegração ecológica, ideia atualmente encontrada de forma generalizada na vontade da sociedade civil (Silva 2013, Safikhani et al. 2014).

A Figura 14 representa uma transformação estética através da simulação de uma fachada verde indirecta, que consequentemente poderá criar uma transformação ética.



Figura 14 – Simulação de uma fachada verde indirecta, Rua Maria Pia, Lisboa, Portugal

Aumento do valor imobiliário

A proximidade de vegetação e de espaços verdes influencia fortemente o valor imobiliário dos edifícios. Áreas urbanas que estejam munidas de espaços verdes têm na sua generalidade valor imobiliário mais alto do que áreas urbanas equiparadas sem este tipo de atributo. De igual forma, ruas arborizadas tendem a ter edifícios onde o preço por metro quadrado é mais elevado, quando comparadas com ruas análogas, sem a presença de vegetação (Crompton 2001).

Tendo em conta que as fachadas verdes indirectas são constituídas parcialmente por vegetação e que tornam os locais onde são instaladas mais “verdes”, a existência destas num determinado edifício irá aumentar o seu valor de mercado. Quando comparados, edifícios com e sem coberturas verdes, estudos indicam uma diferença de 16%, no valor do preço do imóvel (Ichihara e Cohen 2011).

A Figura 15 representa o potencial aumento do valor dos imóveis provocados através da existência de fachada verde indirecta, na rua de Lisboa onde o preço por metro quadrado dos imóveis é mais alto (Rua do Salitre).

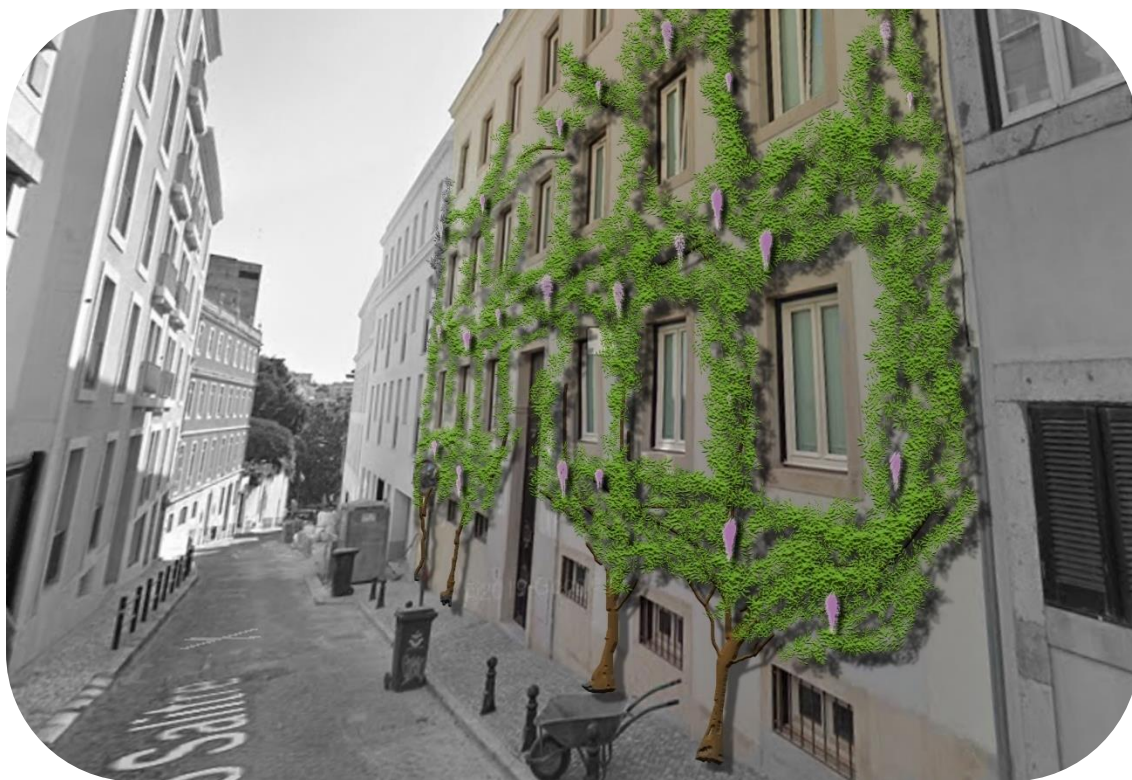


Figura 15 – Simulação de uma fachada verde indirecta, Rua do Salitre, Lisboa, Portugal

Contributo para o “contínuo verde”

A fragmentação existente nas paisagens naturalizadas adjacentes às áreas urbanas é elevada. Os processos naturais que acontecem nestes locais, são intermitentemente descontinuados pelas estruturas humanas, chegando mesmo a ser impedidos de ocorrer. A importância destes processos ecológicos é muito significativa, podendo mesmo contribuir para a manutenção da vida humana. Pontualmente, a negação destes processos é a causa de várias consequências sentidas na vida urbana.

As fachadas verdes indirectas contribuem positivamente para o aumento do contínuo verde interrompido pelas construções humanas. Estas podem ajudar a ligar manchas naturais, através da criação de *habitats* seminaturais em áreas que, de outra forma, apenas seriam “desertos ecológicos”, pois a grande maioria das soluções técnicas existentes para aumentar o “contínuo verde” requerem espaços com dedicação quase exclusiva a esse “contínuo verde”. A sua estrutura viva permite albergar variadas formas de vida, desde insetos, répteis, ou aves, acompanhando a sazonalidade das paisagens naturalizadas (Green 2004, Lundholm 2006, Francis e Lorimer 2011).

A Figura 16 representa a possibilidade de os edifícios poderem contribuir para os “contínuos verdes” que, de outra forma, apenas contribuiriam para a sua delimitação. Esta representação é feita através da simulação de uma fachada verde indirecta num edifício que limita o corredor verde existente em Lisboa.

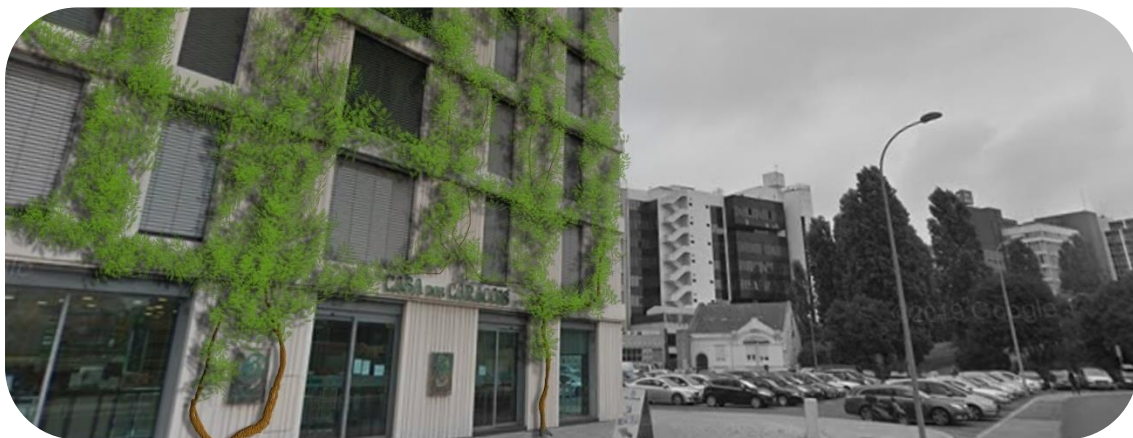


Figura 16 – Simulação de uma fachada verde indirecta, Rua de Campolide, Lisboa, Portugal

4. Condicionantes de uma fachada verde indireta

Potenciais interações negativas com o edifício

Uma planta que está fisicamente próxima de uma estrutura construída irá com certeza interagir com ela, tanto acima do solo como no subsolo (Figura 17). À medida que uma planta se desenvolve, esta aumentará o seu tamanho, tanto em altura como em largura. Quanto mais desenvolvida a planta estiver, maior será a interação física e química desta com o meio que a rodeia. Estas interações são por vezes mal interpretadas e é frequente serem referidas sem fundamentos científicos, para explicar problemas que aparecem nas estruturas edificadas (Biddle 1979).

O problema mais frequente, provocado pela existência de vegetação arbórea junto a estruturas edificadas, está relacionado com os hábitos de crescimento, mais precisamente com a absorção de água no solo, levada a cabo pelas raízes. Em certas situações, esta absorção provoca a dessecação e consequente contração do solo, causando uma movimentação da estrutura edificada. Este facto verifica-se especialmente em solos onde a reposição dos níveis de água existentes é por alguma razão dificultada. Ocorre normalmente em solos pouco permeáveis, ou mesmo em solos onde a infiltração de água foi comprometida pela construção de infraestruturas. A ocorrência deste problema também está ligada à textura do próprio solo. Ou seja, quando este apresenta uma textura mais argilosa, a sua permeabilidade é mais baixa e a sua contratibilidade é mais elevada (Biddle 1979).



Figura 17 – Interação de sistema radicular com fundações de um edifício

Potenciais interações negativas com a fachada do edifício

Uma das premissas do conceito de fachadas verdes indirectas, consiste na existência de plantas junto da fachada de um edifício. Visto que as plantas utilizadas nas fachadas verdes indirectas são plantas trepadoras, deverá ser considerada a potencial interação negativa entre estas e as fachadas do edifício onde se faz a instalação.

O principal problema encontrado neste tipo de interações é o uso indevido do revestimento do edifício pela planta trepadora como estrutura de suporte. Isto acontece quando as plantas trepadoras instaladas na fachada verde indirecta, aderem, através dos seus órgãos especializados ao revestimento do edifício. Os órgãos com esta capacidade são essencialmente dois: as gavinhas adesivas (Figura 18) e as raízes grampiformes (Figura 19). Plantas com este tipo de órgãos não deverão ser usadas de maneira a não causar danos ao revestimento do edifício.



Figura 18 - *Parthenocissus quinquefolia* fixa à fachada de um edifício



Figura 19 - *Hedera helix* fixa à fachada de um edifício

Potenciais interações negativas com estruturas construídas no solo e subsolo

Em meio urbano o uso do subsolo é, em grande maioria dos casos, intenso. Este serve de suporte para muitos tipos de estruturas artificiais que prestam serviço às atividades humanas.

As infraestruturas encontradas no subsolo nas zonas junto dos edifícios podem ser: as redes de comunicações eletrônicas, as redes de distribuição de gás, as redes de distribuição de água, e as redes de distribuição de eletricidade de baixa e média tensão (Santos 2018).

A partilha do espaço do subsolo entre a composição das infraestruturas e as raízes dos seres vegetais pode originar problemas de variadas ordens, tanto nas raízes como nas infraestruturas (Paganová 2016). Para além destes conflitos gerados pela ocupação do subsolo, a natureza efêmera das infraestruturas artificiais e o constante crescimento das raízes das plantas pode criar novos tipos de interações problemáticas. No caso de existir necessidade de substituir alguma parte da infraestrutura existente no subsolo, as raízes existentes perto do local a intervir serão inevitavelmente danificadas, podendo levar os organismos vegetais a diminuir o tamanho da sua copa ou mesmo podendo vir a causar a sua morte (Sieghardt et al. 2005).

Para além dos problemas causados às plantas, existe também a possibilidade de que as próprias plantas causem também danos às infraestruturas existentes no subsolo e aos pavimentos (Figura 20). Estes danos traduzem-se na necessidade de existirem reparações nestas infraestruturas, culminando assim, num aumento da insustentabilidade dos espaços públicos. Especificando, caso o hábito de crescimento das raízes das

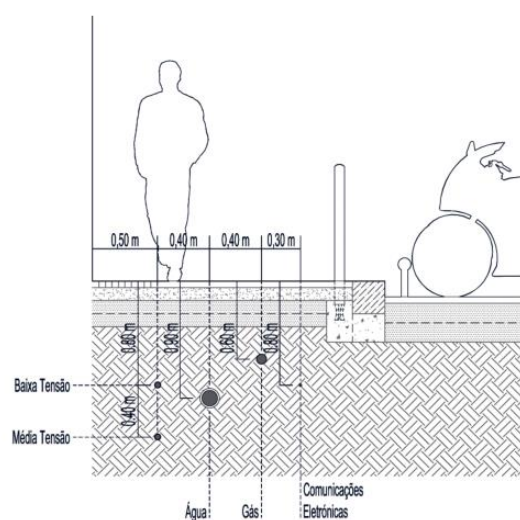


Figura 20 – Infraestruturas potencialmente existentes num passeio de 2 metros (Santos 2018)

plantas usadas na fachada seja predominantemente superficial, estas ao final de alguns anos, tenderão a movimentar tanto as infraestruturas como o pavimento, causando posteriormente, a sua degradação. Estes problemas podem ser evitados caso seja atendida a contenção das raízes superficiais através do uso de caldeiras constituídas por lancis de pedra ou betão, reforçados com sapatas de betão e com tela anti raiz (Blunt 2008). Desta maneira as raízes tenderão a projectar-se em direcções onde não terão interações negativas com estruturas construídas.

Existentes também no mercado, são soluções que têm como objetivo salvaguardar tanto as boas condições das raízes como as condições de segurança para as infraestruturas existentes no solo. Estas soluções, como por exemplo o sistema RootSpace© (Figura 21), tendem a permitir a estabilização do subsolo e das suas infraestruturas, sem que seja necessário a sua compactação total do solo e subsolo. Este facto irá permitir que as plantas instaladas perto deste tipo de soluções desenvolvam o seu sistema radicular apropriadamente.



Figura 21 – Sistema RootSpace©

É também importante considerar as áreas de transmissão de cargas da estrutura do edifício. Inevitavelmente as caldeiras terão que se adaptar a esta zona, nunca a ocupando, acabando por se ter que reduzir as suas dimensões em detrimento destes volumes fundamentais para a estabilidade do edifício. Estes locais, de forma prismoidal, são encontrados por baixo das sapatas dos edifícios e a sua forma e

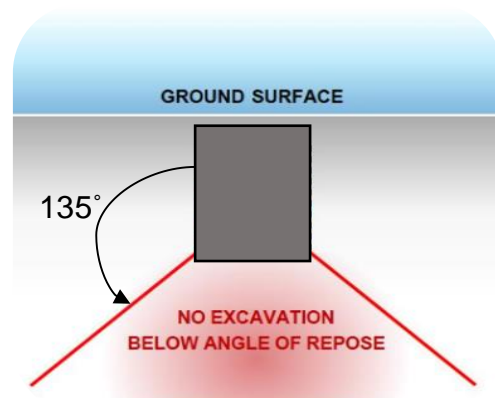


Figura 22 – Representação de área de transmissão de cargas

tamanho podem ser determinados considerando um ângulo de 135° a partir da face lateral da sapata e o tamanho da base da sapata (Figura 22).

Potencial criação de ambiente propício a pragas urbanas

A existência de vegetação densa junto aos edifícios tem o potencial de criar e aumentar a quantidade e qualidade de habitat para vários tipos de animais. Este facto é uma vantagem quando estes animais se tratam de espécies cuja existência promove o equilíbrio do ecossistema, ou pode ser uma desvantagem caso se trate de pragas urbanas que disseminam doenças prejudiciais ao Homem (Crespo 2012).

Ao aumentar a diversidade de espaços no meio urbano vamos também contribuir para o aumento do equilíbrio do ecossistema aqui existente. Ao mesmo tempo que se promove o aumento da biodiversidade, é também necessário não permitir a monopolização da fachada verde por animais que na maioria dos casos podem ser vetores de doenças potencialmente transmissíveis aos humanos (Bonney, Kampen, e Sweeney 2008).

Trata-se de uma questão aqui pode ser um tanto complicada, visto que por um lado queremos impedir a proliferação excessiva de algumas espécies de roedores ou de aves, e por outro, queremos permitir que outros roedores e/ou aves possam vir a interagir com este tipo de infraestruturas. Tendo em conta que as espécies que queremos controlar podem ter interações nefastas com o ser humano, estas serão consideradas como pragas, logo poderão ser tratadas como tal.

Controlo de pragas urbanas

Existem variados métodos que poderão atingir o objetivo anteriormente referido, diminuir o número de indivíduos que se consideram pragas. Em primeiro lugar esta diminuição prende-se com a salubridade do local. Ao diminuir a quantidade e qualidade de habitats das potenciais pragas, será também diminuído o número de indivíduos dessa espécie (Collins e Powell 1996). Para além deste método menos agressivo, existe também a possibilidade de usar luta química que irá matar directamente a praga (H. Almeida 1998). Existe ainda a possibilidade, com maior sucesso, de combinar estes dois tipos de soluções de uma maneira integrada e específica para cada local.(Cardoso 2002).

Tendo em conta as diferenças nos hábitos entre as espécies a controlar e as espécies a proteger, e o tipo de espaço que será gerido poderão ser tomadas medidas que apenas afetem as espécies a eliminar, pragas. Por exemplo, no caso da espécie *Rattus norvegicus* (ratazana) (Figura 23) e da espécie *Sciurus vulgaris* (esquilo vermelho) (Figura 24), embora sejam ambos roedores, estes têm comportamentos diferentes. As ratazanas, por terem uma visão pouco desenvolvida, tendencialmente percorrem locais rasteiros junto às fachadas dos edifícios (Burnie e Wilson 2001, Keatinge et al. 2001). Já os esquilos vermelhos percorrem, tendencialmente, locais mais altos (Lurz, Gurnell, e Magris 2005). Considerando estes factos, que as ratazanas serão a espécie a controlar e caso passe a existir um problema em relação à população de roedores prejudiciais à vida humana poderemos assim instalar armadilhas junto ao chão, mais especificamente, entre o caule da planta e a fachada do edifício (Alves 2009).



Figura 23 – Foto de Ratazana comum (*Rattus norvegicus*)



Figura 24 – Foto de Esquilo vermelho (*Sciurus vulgaris*)

Condicionantes legais

Existe um conjunto de regras que se impõem à ocupação do espaço público com material vegetal. Estas têm como objetivo a salvaguarda da funcionalidade e uniformidade das infraestruturas e espaços existentes na via pública. Este conjunto de regras deve também ser considerado para desenvolver uma solução bem fundamentada. A legislação existente está descrita em variados Decretos-Lei, Regulamentos, Editais, etc. (Santos 2018).

No conjunto dos diplomas legisladores não existe definição legal específica para plantas trepadoras. Considerando os termos previstos na lei, o que melhor se aplica a este tipo de plantas é o de “árvore”, cuja definição legal é :”planta lenhosa de grande porte, com tendência para a formação de um tronco, caule indiviso até certa distância do solo” (Câmara Municipal de Lisboa 2017). Esta definição aplicar-se-á às plantas trepadoras na medida em que estas podem ter este tipo de comportamento

A existência de árvores no espaço público é limitada especialmente pelas dimensões que a copa destas pode atingir. A legislação vigente aborda este assunto, agrupando as árvores em classes de tamanhos, onde a classe referente a árvores com tamanhos menores, “Árvore de pequeno porte”, engloba espécies que no seu estado adulto tenham diâmetro de copa até 4 metros e altura até 6 metros. Como as espécies de plantas trepadoras que virão a ser usadas nas fachadas verdes indirectas, tenderão a desenvolver-se junto à fachada do edifício e nunca se conseguirão projectar pernas para longe desta, é então possível considerar: que todas estas plantas trepadoras estarão legalmente aptas para situações existenciais iguais às “árvores de pequeno porte”.

Será então possível instalar fachadas verdes indirectas na via pública, mesmo em ruas de largura pequena onde os passeios têm uma largura inferior a 3,5 m, tendo de ter em atenção neste tipo de ruas que a plantação de árvores de pequeno porte só é possível com um compasso de plantação entre os 6 e os 7 metros (Câmara Municipal de Lisboa 2017).

5. Material vegetal

Escolha de espécies

Como método facilitador da escolha das espécies que poderão ser instaladas e integradas numa fachada verde indirecta na zona de Lisboa desenhou-se uma tabela, onde as diferentes hipóteses foram compiladas, e as suas diferenças enunciadas (tabela 1).

Na escolha das espécies compiladas na tabela, ou seja, as que terão maior pertinência para serem usadas nas fachadas verdes indirectas na zona de Lisboa, foram tidas em conta, para cada espécie, dois fatores: a adaptabilidade da espécie às características edafoclimáticas existentes na zona de Lisboa e as características morfológicas de cada espécie.

Em relação ao factor adaptabilidade da espécie, foram apenas consideradas aptas, e posteriormente integradas na tabela, as espécies com preferências climáticas similares às características climáticas da zona de Lisboa. Serão enunciadas as regiões endémicas de cada espécie, de maneira a demonstrar mais especificamente as suas preferências climáticas. Este condicionamento na escolha das espécies beneficiará uma maior taxa de sucesso na sobrevivência e no desenvolvimento das plantas, posteriormente diminuindo os inputs de manutenção aumentando assim a sustentabilidade da fachada verde indirecta.

No que toca ao factor características morfológicas, foi ponderado em cada espécie, o hábito da folhagem, a altura máxima de crescimento, a taxa de crescimento, o tipo de fixação e as qualidades estéticas. Apenas se incluiu na compilação as plantas que tenham o hábito de fixação, que não seja possivelmente destruidor do revestimento do edifício, ou seja, serão excluídas as plantas que se fixem, aderindo através de gavinhas adesivas e raízes grampiformes.

Para definir as necessidades em termos de rega, ou seja a necessidade de existência de um sistema de rega e das suas características, foi incluída na tabela a coluna “Necessidades Hídricas”. Estas são classificadas em cada espécie

“Altas”, “Médias” e “Baixas”, espelhando a classificação e o sistema usado no “Guia para a estimativa de necessidades de água para irrigação de plantas na paisagem da Califórnia” no método “Landscape ET” (Costello e Jones, 2014).

Com o intuito de melhorar a potencial escolha e posteriormente o sucesso da fachada verde indirecta, foram também integradas na tabela, as preferências edáficas de cada espécie. Estas preferências estarão dispostas na coluna “Tipo de Solo” Estes dados poderão tanto ajudar a limitar a escolha da espécies como também poderão servir para propor o tipo de intervenção feita nas caldeiras onde as plantas serão instaladas.

Considerando que as plantas também têm preferências em termos de quantidade e qualidade da exposição solar, foi incluída, na tabela a orientação da fachada mais adequada cada espécie irá preferir. As espécies que tendencialmente prefiram maiores quantidades de luz solar e mais directa, são classificadas na coluna “Orientação Preferencial” por “Sul”. Da mesma maneira, espécies que tendencialmente prefiram menores quantidades de luz solar e luz menos directa são classificadas de “Norte”, e as espécies intermédias serão classificadas de “Este” e “Oeste”.

Tendo em conta as diferentes características morfológicas enunciadas na tabela, de forma a fazer uma escolha correcta, deverá ser favorecida a escolha de espécies que tenham rápido desenvolvimento, alturas máximas potenciais de crescimento similares ou inferiores à altura do edifício onde a fachada verde indirecta será instalada. Pretende-se desta forma criar o mais rapidamente possível uma fachada verde indirecta bem desenvolvida e que não venha a interferir com o telhado do edifício. Também deverá ser favorecida a escolha de espécies que sejam caducifólias, permitindo assim que exista maior exposição solar na fachada durante o Inverno, resultando, num aumento de temperatura e uma diminuição da humidade na fachada do edifício, nessa altura do ano.

Do mesmo modo, deverão ser seleccionadas as espécies que apresentem qualidades estéticas que sejam de maior agrado dos habitantes da zona de Lisboa, criando desta maneira uma estrutura que seja o mais visualmente agradável. Estas qualidades, são representadas através de cores, sendo que as

cores representam as cores da flor ou da folhagem que a planta poderá apresentar, e símbolos que se sobrepõem às cores (folha, flor, fruto) representando os órgãos onde se encontram as mesmas. Esta representação está distribuída em quatro colunas apelidadas por “Cromatografia”. A primeira coluna representará a estação da Primavera, a segunda, a estação do Verão, a terceira, a estação do Outono e a quarta, a estação do Inverno.

Exemplificando: a espécie *Vitis* sp. apresenta folhagem verde na Primavera (Figura 25), folhagem verde e frutos verdes, rosas e púrpura no Verão (Figura 26), folhas amarelas e vermelhas e frutos púrpura no Outono (Figura 27) e fica com o tronco a descoberto no Inverno (Figura 28).



Figura 25 – Foto de *Vitis* sp. durante a primavera
 Figura 26 – Foto de *Vitis* sp. durante o verão
 Figura 27 – Foto de *Vitis* sp. durante o outono
 Figura 28 – Foto de *Vitis* sp. durante o inverno

Esquematicamente as características apresentadas pela espécie *Vitis* sp. traduzir-se-ão da seguinte maneira (Figura 39):



Figura 29 - Exemplo da transposição das cores predominantes na espécie *Vitis* sp nas quatro estações do ano para um esquema cromático, Primavera, Verão, Outono, Inverno (da esquerda para a direita)

De maneira a consolidar a informação existente, foi criada uma tabela onde é possível encontrar as principais informações de potenciais plantas a incluir numa fachada verde indireta a ter em conta quando se projeta uma (Figura 30). As informações consideradas são: endemismo (para extrapolar o clima onde cada planta se enquadrará melhor); necessidades hídricas; tipo de solo; orientação preferencial (para que o local e as suas caraterísticas se adaptem às plantas); tipo de folha , altura máxima, tipo de crescimento, e cromatografia (de maneira a conceber uma composição vegetal equilibrada com o local).













































































Espécie	Endemismo	Caraterísticas Edafoclimáticas			Caraterísticas Morfologia						
		Necessidade Hídricas	Tipo de Solo	Orientação preferencial	Tipo de folha	Altura máxima (m)	Crescimento	Cromatografia			
Actinidia kolomikta	Este Asiático ^c	Media ^B	Qualquer Bem Drenado ^c	Sul ^c	Caduca ^c	8 ^c	Medio ^c				
Aristolochia spp		Media ^B		Norte/Oeste ^A	Caduca/Persistente ^A	9 ^A	Medio ^A				
Campsis x tagliabuana		Media ^B	Qualquer Bem Drenado ^c	Sul/Oeste ^c	Caduca ^c	12 ^c	Medio ^c				
Clianthus puniceus	Nova Zelandia ^c	Media ^B	Leves e bem drenados ^c	Sul/Oeste ^c	Persistente ^c	4 ^c	Media ^c				
Clematis vitalba	Sul e Centro Europeu ^D	Alta ^B	Humido ^D	Sul/Este/Oeste ^A	Caduca ^A	10 ^A	Rapido ^A				
Euonymus fortunei radicans	Japão ^c	Media ^B	Bem drenado ^c	Norte ^A	Persistente ^A	5 ^A	Lento ^A				
Hydrangea petiolaris	Japão e Coreia do Sul ^c	Alta ^B	Acido e bem drenado ^c	Este ^A	Caduca ^A	15 ^A	Medio ^A				
Jasminum officinale	Asia ^c	Media ^B	Bem drenado e humido ^c	Este/Oeste ^A	Caduca ^A	9 ^A	Rapido ^A				
Lathyrus odoratus	Sul da Europa ^E	Media ^H	Bem drenado, não calcário ^c	Sul ^A	Anual ^A	2 ^A	Rapido ^A				
Lonicera periclymenum	Europa	Baixa ^B	Bem drenado e humido ^c	Sul/Oeste ^A	Caduca ^A	6 ^A	Medio ^A				
Ionicera periclymenum subsp. Hispanica	Pennsula Ibérica ^E	Baixa ^B	Bem drenado ^c	Este/Oeste ^A	Caduca ^D	5 ^D	Lento ^D				
Lonicera japonica	Este Asiático ^E	Baixa ^B	Bem drenado e humido ^c	Todas ^c	Caduca ^c	8 ^c	Medio ^A				
Rosa Banksiae	Centro e Este Chins ^c	Media ^B	Bem drenado e humido não calcário ^c	Todas ^c	Persistente ^c	12 ^c	Medio ^c				
Passiflora caerulea	Sul Americana ^c	Media ^B	Bem drenado e humido não calcário ^c	Sul/Oeste ^A	Caduca ^A	8 ^A	Rapido ^A				
Fallopia baldschuanica	Oeste Asiático ^E	Baixa ^B		Sul ^A	Caduca ^A	10 ^H	Rapido ^A				
Tropaeolum majus	Centro Americano ^E	Media ^B	Bem drenado não calcario ^c	Sul/Oeste ^c	Anual ^A	2,5 ^c	Rapido ^A				
Vitis sp		Media ^B		Sul ^A	Caduca ^A	20 ^A	Medio/Rapido ^A				
Wisteria sinensis	China ^c	Media ^B	Bem drenado e humido ^c	Sul/Oeste ^c	Caduca ^c	12 ^H	Rapido				
Wisteria floribunda	Japão ^c	Media ^B	Bem drenado e humido ^c	Sul/Oeste ^A	Caduca ^A	24 ^H	Medio ^A				

Figura 30 - Compilação de algumas caraterísticas de plantas com potencial para integrarem uma fachada verde indireta na zona de Lisboa. 4^A - (Falcón 2007), ^B - (Costello et al. 2000), ^c - («RHS - Inspiring everyone to grow / RHS Gardening» sem data).

Fitossanidade do material vegetal

Uma parte fundamental do sucesso das fachadas verdes indiretas é a sobrevivência dos indivíduos vegetais que a integram. Visto que serão usadas, na grande maioria dos casos, plantas perenes que vão crescendo ao longo da estrutura de suporte. Cada uma destas plantas ocupará um espaço significativo na fachada e, prevendo que nem todas as espécies que poderão ser usadas têm crescimentos rápidos, a substituição de um indivíduo poderá afetar durante um tempo significativo o serviço prestado pela fachada verde indirecta (Lewis 1991).

Ainda em relação à sobrevivência das plantas, devem ser tomadas medidas individuais que assegurem a fitossanidade de todos os indivíduos existentes. Durante a instalação/plantação das plantas é necessário garantir as melhores condições para cada uma delas. Já referido anteriormente, o espaço do solo e do subsolo destinado a cada planta deverá ser otimizado. Antevendo que as plantas serão instaladas em zonas onde o solo não terá as melhores características físico-químicas para o seu desenvolvimento, será necessário considerar não só a execução de uma adubação de fundo, de maneira a que cada planta não careça de nutrientes durante os primeiros anos de vida, como posteriormente executar adubações de cobertura quando as plantas apresentem sinais de carências nutricionais. O sistema de rega instalado deve ter que conseguir suprir as necessidades hídricas da planta sem provocar uma diminuição no volume do raizame (Watson et al. 2014).

Manutenção do material vegetal

O acompanhamento das fachadas verdes indiretas deve conseguir assegurar o bom desenvolvimento da parte vegetal e a integridade da estrutura de suporte instalada. Dependendo das espécies utilizadas na fachada verde indireta, a periodicidade da manutenção irá variar. Se as plantas existentes na fachada forem de rápido desenvolvimento é necessário garantir dois momentos no tempo para as acompanhar. Numa primeira fase de manutenção, deverá ser assegurada a condução correta da planta pela estrutura, serão executadas podas mais severas, limitando assim crescimentos desajustados. Esta operação deverá ser feita enquanto as plantas se encontram dormentes, sendo os maneios necessários menos prejudiciais para a planta, nessa altura. A operação é também dessa forma facilitada, visto que será nesta altura que as plantas potencialmente perderão as folhas e terão os caules mais expostos. Na segunda fase de manutenção, deverá privilegiar-se uma intervenção mais superficial através de podas de manutenção ligeiras, que permitirão à fachada verde indireta ter um aspeto mais ordenado. Caso as plantas instaladas na fachada sejam de crescimento mais lento, apenas será necessário executar a primeira fase de manutenção anteriormente referida (Green 2004).

Nos primeiros anos, enquanto as plantas instaladas nas fachadas verdes não tiverem raízes bem desenvolvidas, deverão ser asseguradas regas periódicas nos meses em que a evapotranspiração potencial é mais elevada e a pluviosidade menor, para que estas não morram devido a elevado stress hídrico. Garante-se assim que as plantas se mantenham vivas e em condições aceitáveis para o objectivo em vista.

6. Caso de estudo: MFO Park, Zurique, Suíça, 2002

Um exemplo de uma fachada verde indireta, relevante no plano internacional, é o Parque MFO em Zurique, Suíça. Este foi projetado pelo atelier de arquitetura paisagista, Randerchall Partner, oriundos de Meilen Suíça. Este parque ocupa, aproximadamente, uma área de 0,9 hectares no distrito de Oerlikon. Distrito este, que foi outrora uma cidade distinta de Zurique e é hoje em dia uma zona da cidade tanto residencial como empresarial. Este parque foi inúmeras vezes reconhecido com a variados prémios, como por exemplo o *European Garden Award*, na categoria de “Parque ou jardim contemporâneo mais inovador” galardoado pela *European Garden Heritage Network* em 2010.

O conceito inerente a este parque é um desafio imposto a alguns limites existentes na Arquitetura. O mais evidente e talvez o mais relevante, será a introdução do edifício como paisagem, a indefinição dos limites físicos do espaço, e a diluição entre o conceito espacial de parque e edifício. Este parque ao mesmo tempo que o faz, existe como espaço público capaz de albergar eventos sociais dentro dele próprio (Мхитарян 2016).

Este parque é constituído essencialmente por uma estrutura de aço inoxidável que suporta variados cabos, de aço inoxidável, e plataformas/passadiços também de aço inoxidável (Figura 31. Os cabos de aço servem como estrutura de suporte e de condução das variadas plantas que têm a capacidade de os

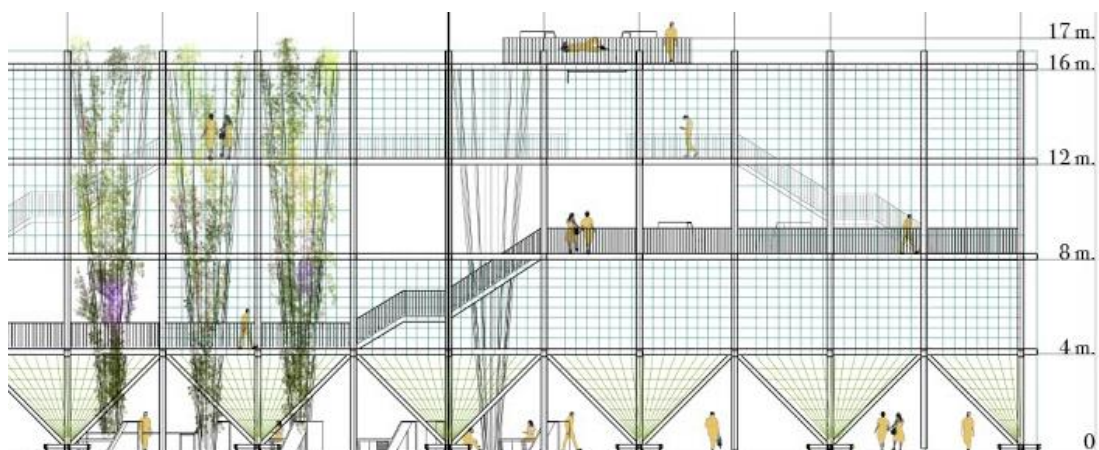


Figura 31 – Alçado do parque MFO (Мхитарян 2016)

trepas. Já as plataformas existem para permitir aos usuários do parque conviverem com o espaço de diferentes maneiras.

As plantas aqui existentes, embora não sejam na sua totalidade trepadeiras são no na sua maioria. Aquando da construção do parque foram plantados 1200 exemplares de trepadeiras. Este grande número de plantas é composto por 100 diferentes géneros e variedades, sendo as espécies de trepadeiras as seguintes: *Ampelopsis spp.*, *Campsis spp.*, *Clematis spp.*, *Fallopia spp.*, *Rosa spp.*, *Vitis spp.*, *Wisteria spp.*. Este conjunto variado de diferentes plantas, com diferentes características, produz uma multiplicidade cénica, que varia não só no decorrer do tempo, à medida que as estações do ano mudam, mas também enquanto as plantas ocupam as estruturas existentes no parque (Figura 32). Parte destas encontra-se plantada no solo enquanto as restantes estão plantadas em floreiras instaladas nos níveis superiores da estrutura. (Freisager 2018).

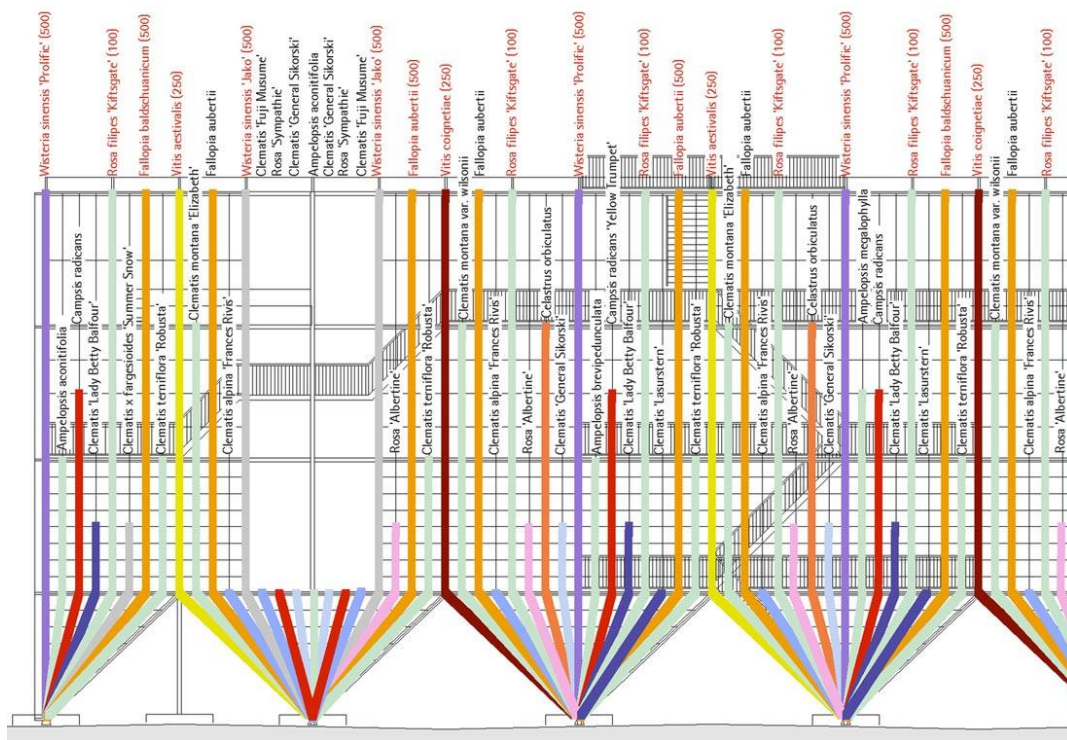


Figura 32 -Representação da ocupação das espécies usadas no Parque MFO (<https://urbannext.net/mfo-park/>; acedido a 05/2019)

Graças a um sistema de retenção de água existente no jardim a água pluvial que não é usada momentaneamente pelas plantas, é conduzida através de tubagens até ser armazenada num sistema de canais subterrâneos. Esta água, para além de não sobrecarregar os sistemas de drenagem de água pluvial, irá ser usada em alturas do ano em que as plantas precisem de ser regadas, traduzindo-se num aumento de sustentabilidade ecológica e económica.

As estruturas metálicas, tanto as principais como as secundárias são constituídas por aço inoxidável (Figura 33), de maneira a resistir às adversidades climáticas, sendo estas robustas o suficiente para resistir a ventos fortes e à oxidação. Enquanto nas principais, as vigas de aço foram reduzidas ao mínimo indispensável, para garantir uma estrutura resiliente, as secundárias, os cabos de aço, em conjunto com as trepadeiras, são os verdadeiros criadores de espaço, constituindo as faces dos espaços paralelepípedicos existentes no

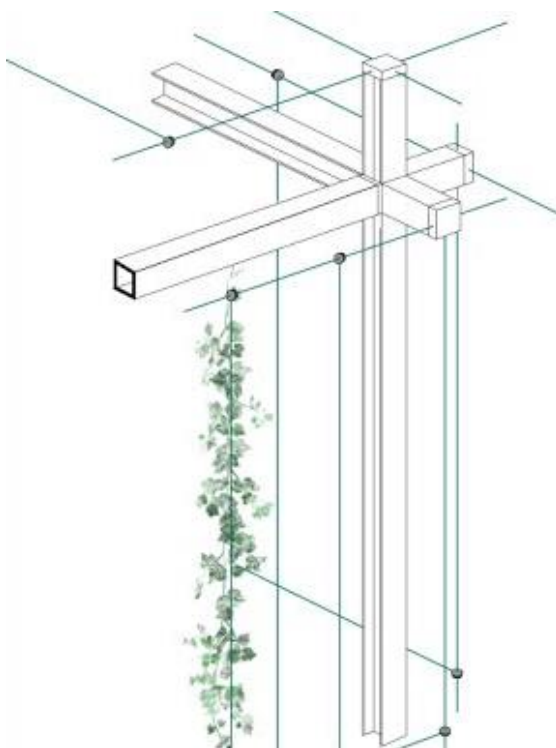


Figura 33 - Pormenor de construção do sistema de suporte, Parque MFO (<https://urbannext.net/mfo-park/>; acedido a 05/2019)

A estrutura, é fixada ao subsolo com fundações do tipo bloco de cimento, usadas também na sustentação de edifícios (de Sousa, Vender, e Marques 2018) (Figura 34). A fazer a ligação entre as fundações (bloco de cimento) e a estrutura (vigas de aço) é usada uma peça de aço, que está aparafusada a varões roscados, que por sua vez estão soldados ao bloco de cimento, distribuindo assim as forças exercidas nas armações pelo subsolo (Matthews e Winter 2010).

Após 17 anos, o parque MFO é um exemplo da potencialidade que as trepadeiras têm como transformadoras de espaços urbanos. Num espaço relativamente pequeno estes tipos de plantas com o auxílio de uma estrutura,

neste caso de aço, são capazes de formar biombos vivos, passíveis de alertar os sentidos humanos para dimensões muitas das vezes inexistentes no meio urbano.

Relativamente à escolha das espécies que ocupam o espaço, e tendo em conta que estas ao serem escolhidas não poderiam ser trepadeiras que aderissem à estrutura, existia a possibilidade de usar uma maior variedade de géneros, como por exemplo a *Wisteria japonica*. Considerando também a altura máxima que plantas da espécie *Wisteria japonica* podem alcançar, o uso desta poderia ser uma grande mais-valia, pois tornaria a necessidade de floreiras a meio da estrutura inexistente, conseguindo esta espécie ocupar os espaços superiores da estrutura de 17 metros do parque MFO. A existência desta espécie possibilitou uma grande poupança económica: o comprimento do sistema de rega pôde ser menor, a bomba usada para levar a água às floreiras instaladas nos pisos superiores da estrutura pôde ser de menor potência, e não foi necessário utilizar todo o material para o acondicionamento das floreiras.

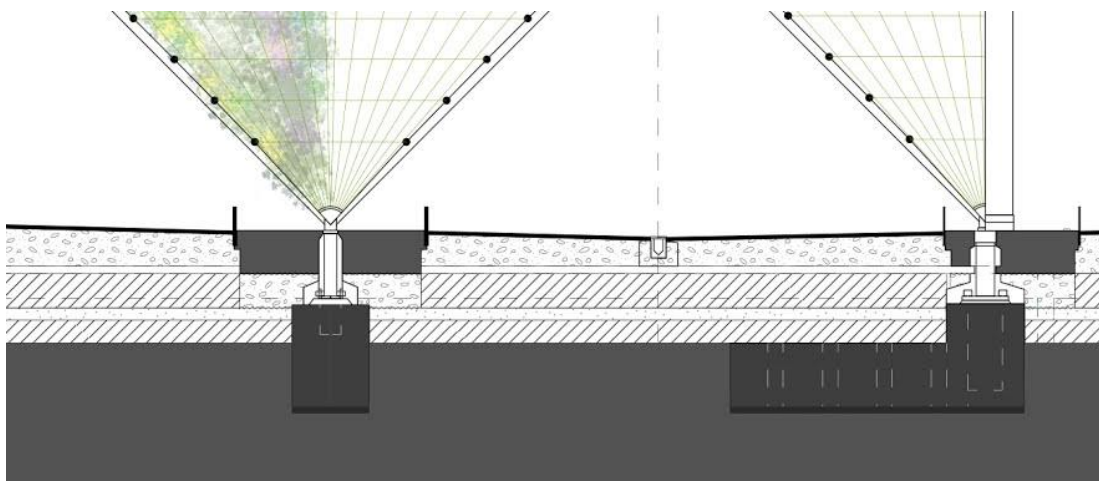


Figura 34 – Pormenor de construção da ancoragem da estrutura, Parque MFO, Zurique, Suíça, (<https://urbannext.net/mfo-park/>; acedido a 05/2019)

7. Proposta de instalação de fachada verde indirecta

Locais de intervenções propostas

Elaborou-se uma proposta de intervenção em dois edifícios do Instituto Superior de Agronomia (Universidade de Lisboa), localizado na Tapada da Ajuda. Os locais onde se propõe a instalação de uma fachada verde indirecta são: a fachada Sudeste do bloco de aulas do Instituto Superior de Agronomia (Figura 35), localizado na Tapada da Ajuda que será designado como local “Anfi”; e a fachada Sul do edifício da biblioteca do Instituto Superior de Agronomia, que é localizada também na Tapada da Ajuda, que será designado como local “Bisa”.

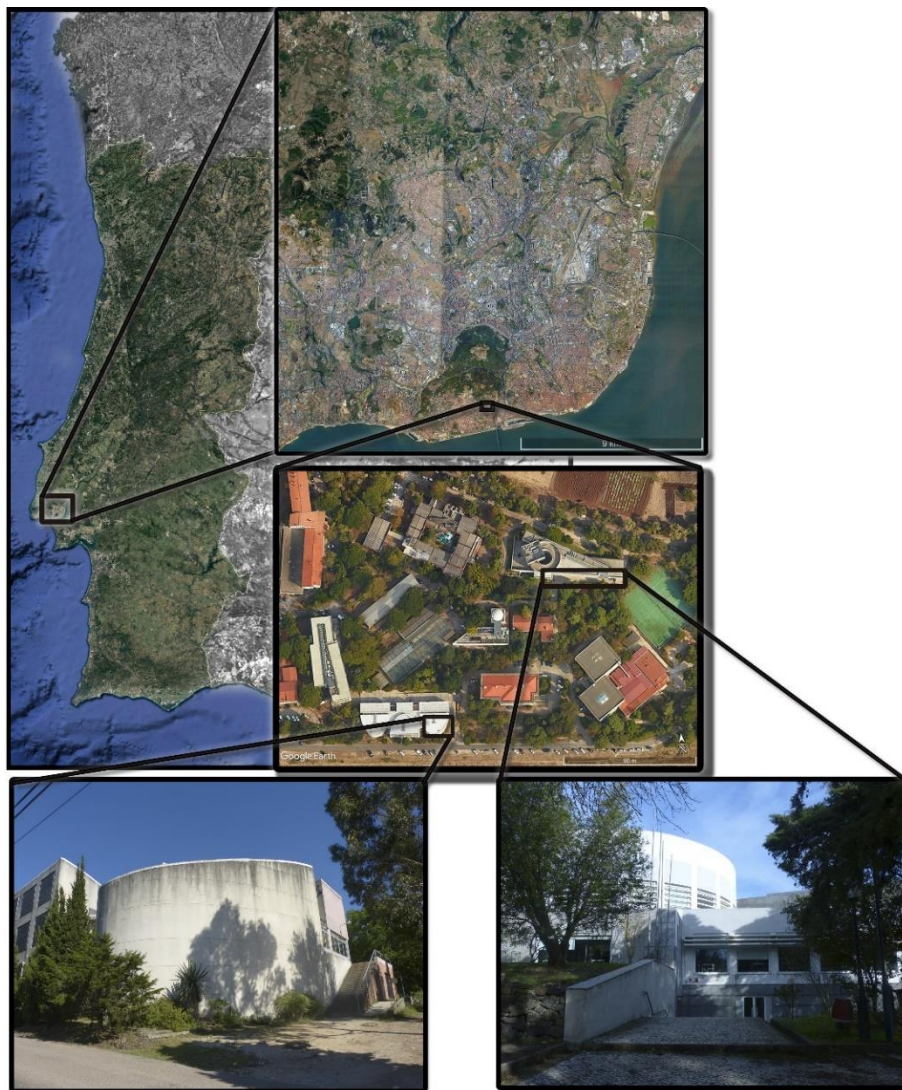
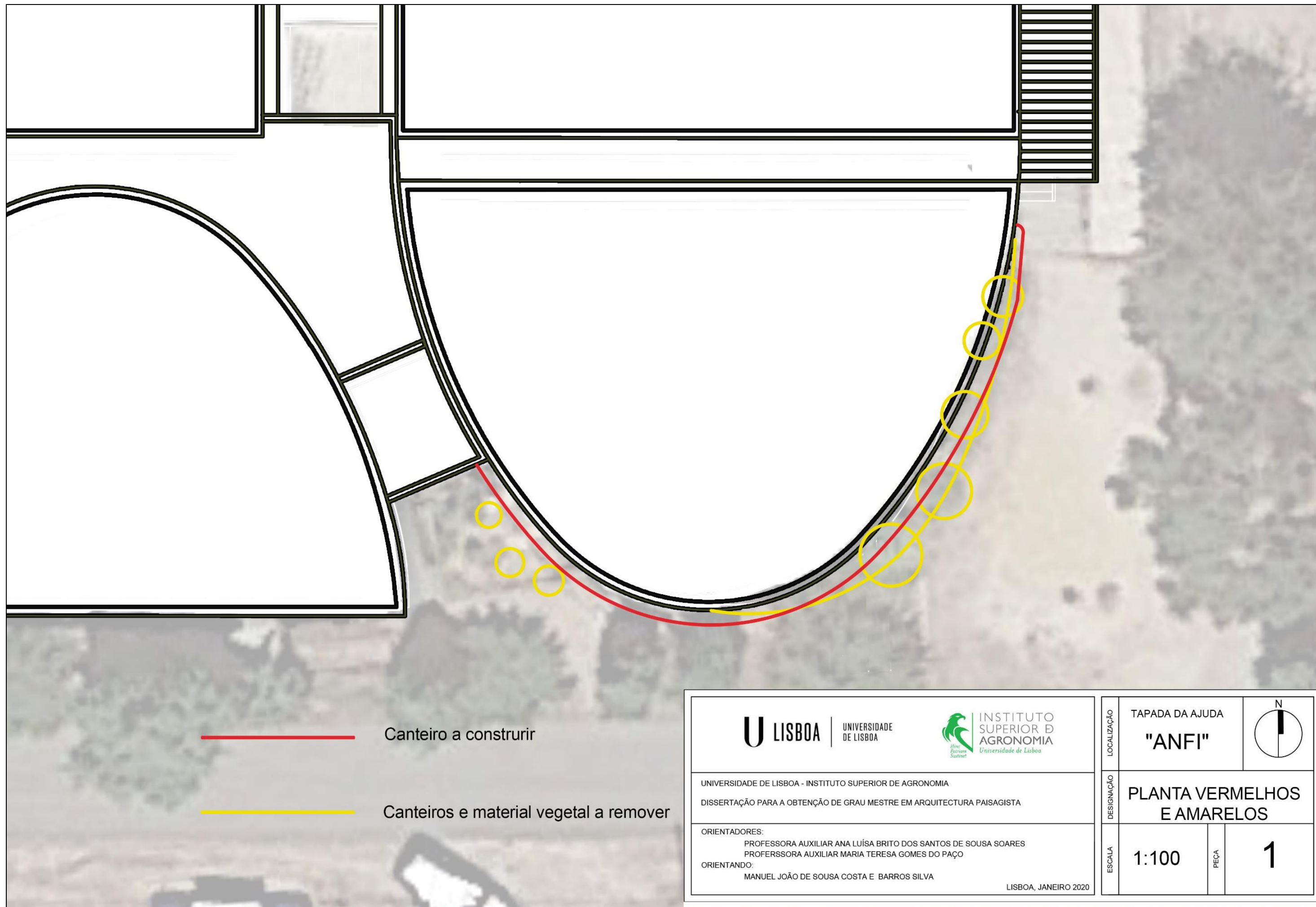
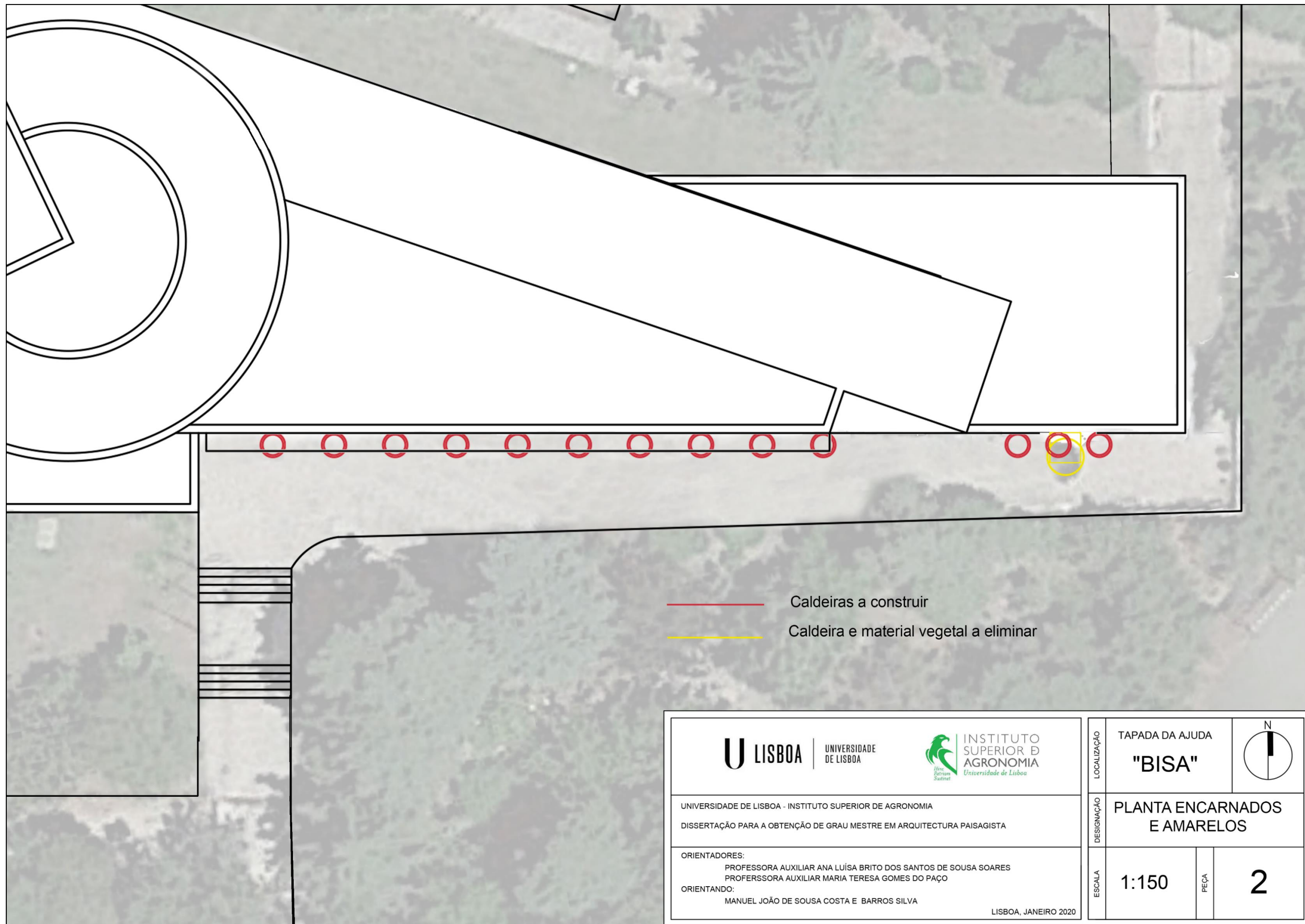


Figura 35 - Locais da proposta, "ANFI" e "BISA", Tapada da ajuda, Lisboa, Portugal

A intervenção que será proposta para o local “Anfi” é dotada de uma superfície a cobrir pela fachada verde indirecta com 18 m de altura e comprimento de 25 m, perfazendo uma área de 450 m². Esta área a cobrir pela fachada verde indirecta é constituída apenas por uma parede. Na base da área a instalar a fachada verde indirecta, existem alguns canteiros delimitados com pequenas pedras que serão alterados, passando estes a delimitar toda a parede (peça desenhada 1,). Nestes, encontram-se algumas espécies botânicas de interesse, que deveram ser transplantadas anteriormente à intervenção.

A proposta de intervenção do local “Bisa” tem uma altura de 12 m e um comprimento de 30 m, totalizando uma área a cobrir de 360 m². A fachada a cobrir pela fachada verde indirecta é dotada de variados pormenores construídos, como janelas, quebra-sois, etc. Na base da fachada verde indirecta serão propostas alterações à configuração do pavimento e a remoção de um exemplar arbóreo (peça desenhada 2).





Caracterização do Clima da Zona de Lisboa

A zona de Lisboa, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, está inserida numa zona de clima temperado mediterrâneo de verão quente (Csa) que se caracteriza pelo contraste das estações do ano. A precipitação verifica-se principalmente nas estações mais frias, Outono e Inverno, e no resto do ano, Primavera e Verão, a pluviosidade moderada e baixa é acompanhada por temperaturas elevadas. Identifica-se também uma influência oceânica que modera o seu clima mas que, na maioria das vezes, é atenuada pelo relevo que a envolve, a Serra de Sintra a Oeste, a Serra da Arrábida a Sul e alguns locais a Norte no Oeste ribatejano, menos declivosos mas também relevantes para o mesoclima da zona de Lisboa (A.L. Soares 2006) (Figura 36).

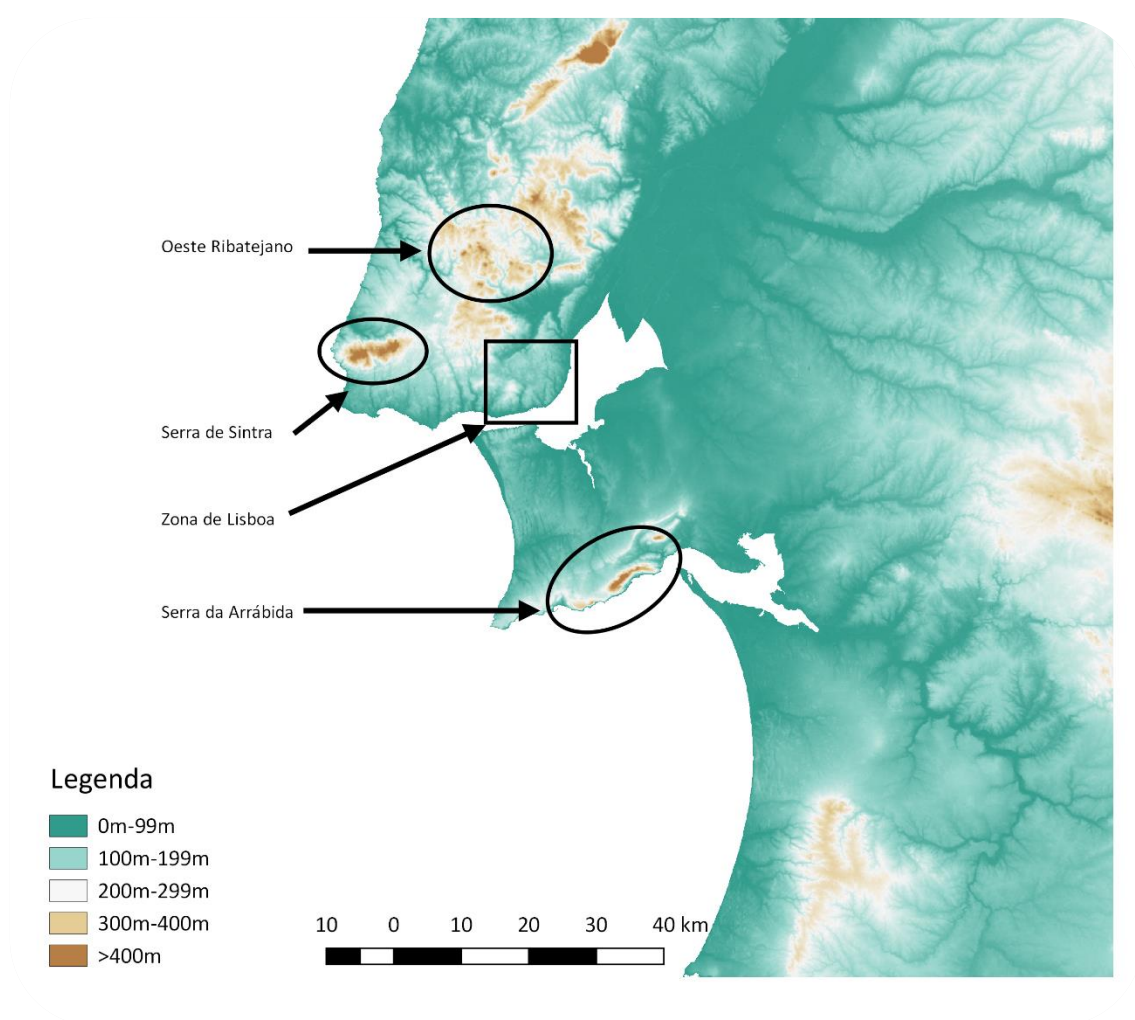


Figura 36 – Hipsometria da região envolvente de Lisboa, Adaptado de (LEAF 2013).

Mais especificamente, as normais climatológicas referentes à temperatura do ar, registadas e tratadas pela Secção de Agrometeorologia, Departamento de Ciências do Ambiente, no Instituto Superior de Agronomia, entre 1971 e 2000 na estação meteorológica, localizada na latitude 38° 42' N; na longitude 9° 10' W; e à altitude de 60 m (Tapada da Ajuda, Lisboa) atingem o máximo médio de 27,9 °C no mês de Agosto e o mínimo médio mensal no mês de Janeiro (Figura 37).

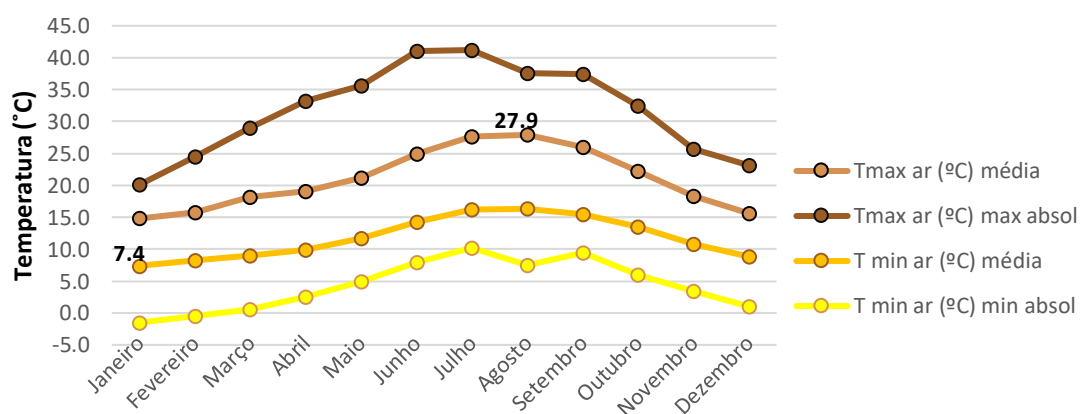


Figura 37 - Temperaturas médias máxima mensal, média mínima mensal, mínimas absolutas e máximas absolutas do ar na Tapada da Ajuda, Lisboa (normais climatológicas 1971/2000 (Magro 2006).

As normais climatológicas referentes à precipitação, registada na mesma estação agrometeorológica apresentam valores mais altos no mês de Dezembro e o valor mais baixo no mês de Julho (Figura 38).

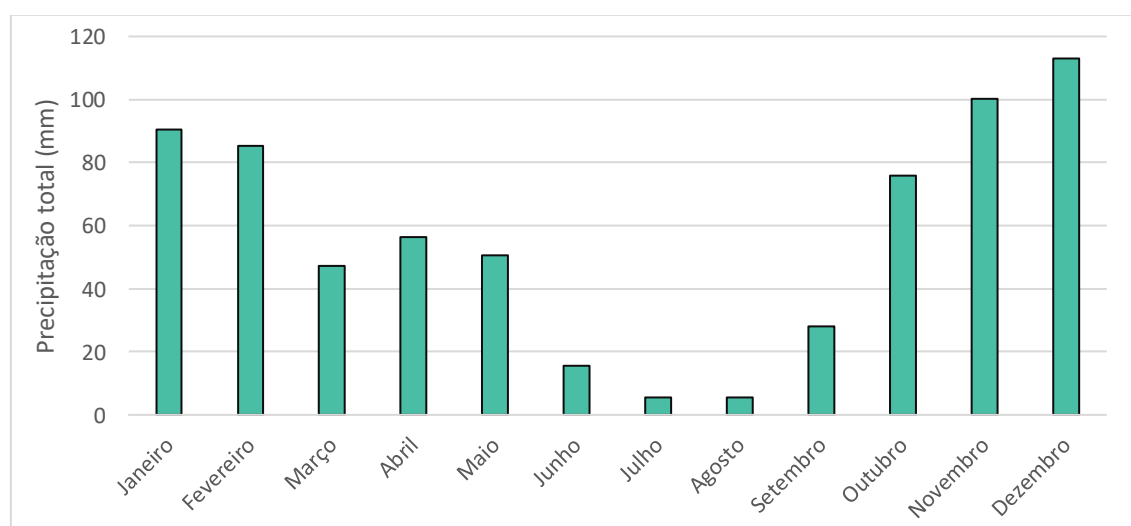


Figura 38 – Normais de precipitação 1971/2000, Tapada da Ajuda (normais climatológicas 1971/2000 (Magro 2006).

Referindo ainda a evapotranspiração potencial média mensal registada e tratada no período entre 1971 e 2000 pela Secção de Agrometeorologia, Departamento de Ciências do Ambiente, no Instituto Superior de Agronomia, o valor desta é mais alto no mês de Julho (Figura 39), coincidindo com o mês em que a pluviosidade é mais baixa (Magro 2006).

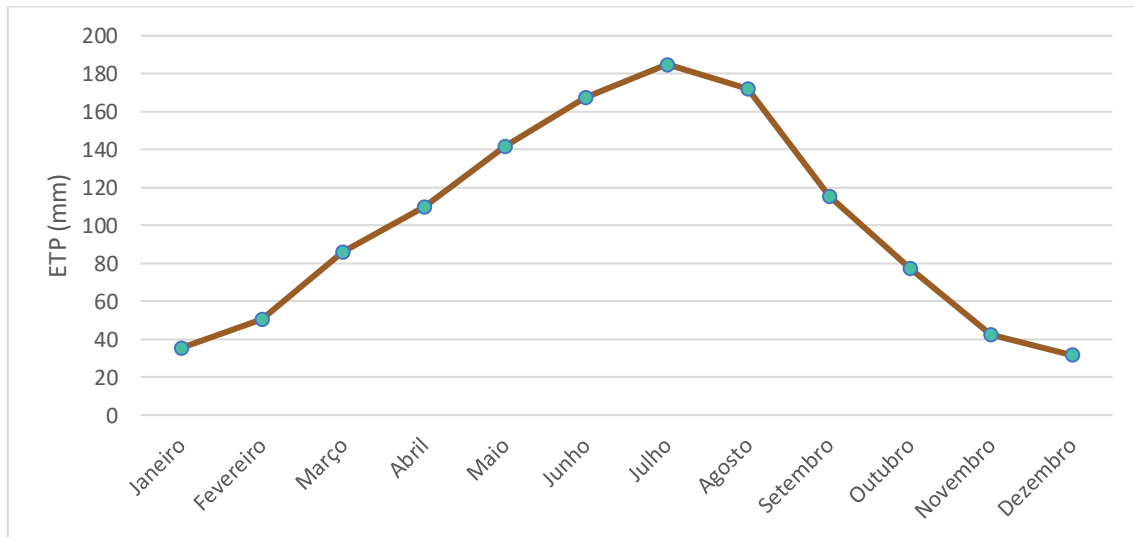


Figura 39 - Evapotranspiração potencial média mensal (1971/2000), Tapada da Ajuda (normais climatológicas 1971/2000 (Magro 2006).

Meio de enraizamento (substrato/solo)

Tendo em conta que as plantas que serão escolhidas para integrar a fachada verde indirecta, vão desenvolver as raízes num substrato junto ao solo e subsolo, e que o uso de um substrato comercial não é estritamente necessário, não será proposto nenhum tipo de substrato comercial para ser usado nas caldeiras das fachadas verdes indirectas. Será proposto que o solo existente no próprio local seja usado como substrato das caldeiras. Este facto irá aumentar a sustentabilidade do projecto.

Irá ser considerando que o solo existente no local de plantação ou que estará disponível para ser usado no local de plantação terá genericamente as características do tipo de solo basáltico existente na maioria da área da Tapada da Ajuda (Figura 40). Este tipo de solo tende a ter uma textura argilosa e uma baixa permeabilidade (Farina 2017).



Figura 40 -Tipo de solo nos locais de intervenção, CMLisboa. «Carta do tipo de solos em Lisboa». Lisboa, 2016

Escolha do material vegetal

Embora os locais selecionados estejam a 121 m de distância um do outro, estes têm condições climáticas um pouco diferentes. Estas condições serão atendidas para escolher as plantas mais indicadas para ambas as fachadas.

No local “Anfi”, as plantas terão que suportar e preferir elevadas quantidades de luz solar, pois o número de horas relativas a que a fachada verde indireta estará sujeita à exposição solar será muito próximo do máximo da zona de Lisboa, visto que esta está quase na sua totalidade exposta diretamente ao sol e virada a sul. O tipo de folha deverá ser caduca para potenciar o efeito de mediador climático da fachada verde indirecta.

No local “Bisa”, embora este esteja virado a sul, as plantas que serão escolhidas deverão preferir quantidades de luz solar médias, pois o número de horas de sol relativas será pequeno devido à elevada quantidade de árvores existentes junto a este. O tipo de folha das plantas escolhidas deverá ser caduca, de maneira a aumentar o potencial aumento de temperatura do edifício durante o inverno.

Atendendo a que as plantas escolhidas não deverão conseguir chegar à cobertura do edifício, a altura máxima das plantas terá de ser igual ou menor que 18 m no caso do local “Anfi”, e a altura máxima das plantas deverá ser igual ou menor que 12 m.

Considerando também o solo existente no local do projecto, é necessário ter um especial cuidado com a tendência para encharcamento. Logo, as plantas não poderão ter fraca resistência ao encharcamento.

Tendo em conta que será instalado um sistema de rega que permitirá adequar a água existente no solo em alturas em que esta possa carecer, não existirão limitações em termos de rega.

As plantas trepadoras adaptadas ao clima da zona de Lisboa e que cumprem os requisitos anteriormente expostos do local “Anfi” são: *Campsis x tagliabuana* (Figura 41), *Fallopia baldschuanica* (Figura 44), *Lonicera periclymenum* sub. *hispanica* (Figura 43), *Vitis* sp. (Figura 45), e *Wisteria sinensis* (Figura 42) (Peças desenhadas 3 e 4).



Figura 41 – Foto de *Campsis x tagliabuana*



Figura 43 – Foto de *Lonicera periclymenum* sub. *Hispanica*



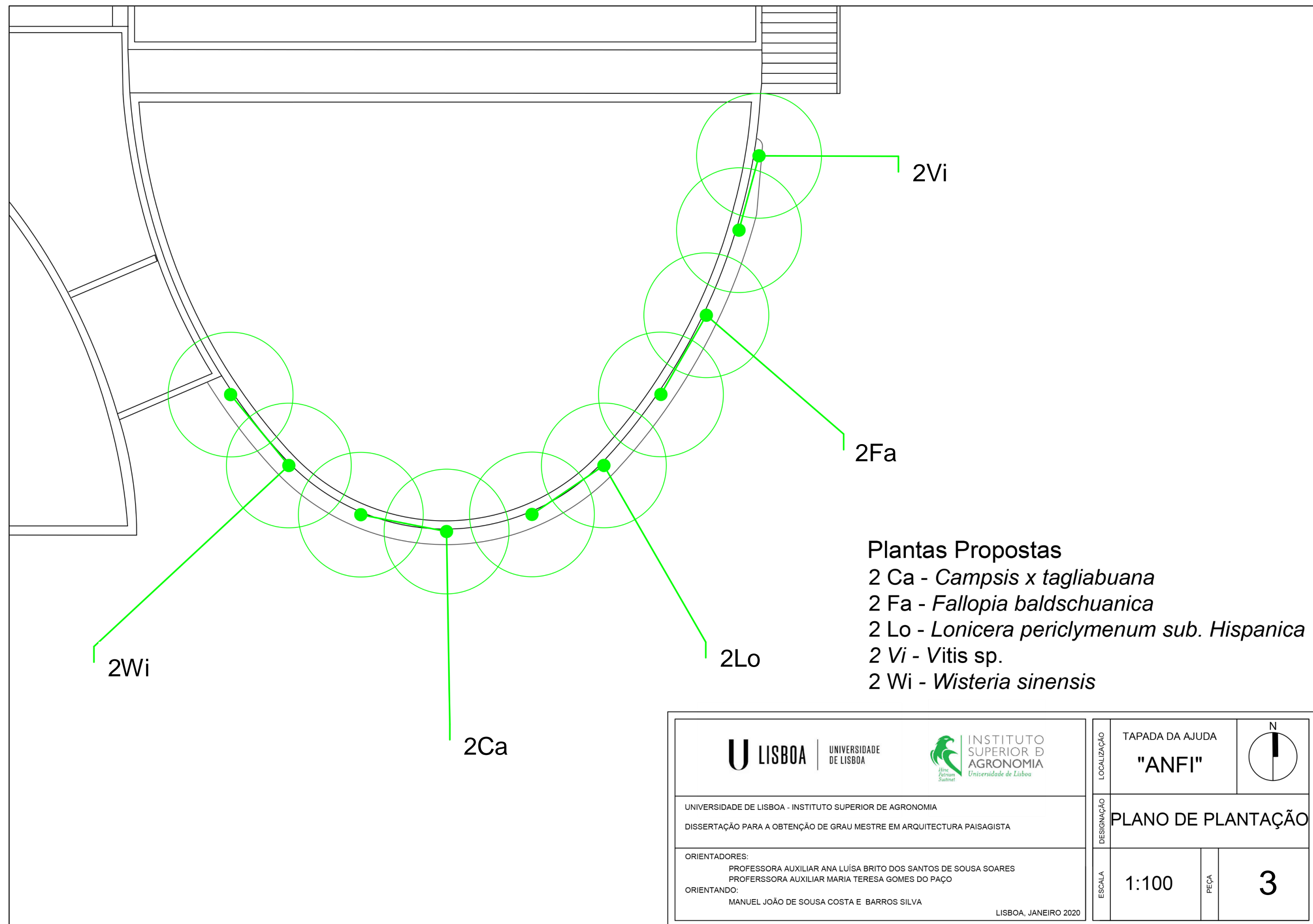
Figura 42 – Foto de *Wisteria sinensis*



Figura 44 – Foto de *Fallopia baldschuanica*



Figura 45 – Foto de *Vitis* sp.





<div><div><div>U LISBOA</div><div>UNIVERSIDADE DE LISBOA</div></div><div><div><div>INSTITUTO SUPERIOR D AGRONOMIA</div><div>Universidade de Lisboa</div></div></div></div>	LOCALIZAÇÃO	TAPADA DA AJUDA			
	DESIGNAÇÃO	"ANFI"			
	ESCALA	1:100	PEÇA	4	
UNIVERSIDADE DE LISBOA - INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA					
DISSERTAÇÃO PARA A OBTENÇÃO DE GRAU MESTRE EM ARQUITECTURA PAISAGISTA					
ORIENTADORES:					
PROFESSORA AUXILIAR ANA LUÍSA BRITO DOS SANTOS DE SOUSA SOARES					
PROFERSSORA AUXILIAR MARIA TERESA GOMES DO PAÇO					
ORIENTANDO:					
MANUEL JOÃO DE SOUSA COSTA E BARROS SILVA					
LISBOA, JANEIRO 2020					

As plantas trepadoras adaptadas ao clima da zona de Lisboa e que cumprem os requisitos anteriormente expostos para o local “Bisa” são: *Aristolochia* spp. (Figura 46), *Clematis vitalba* (Figura 47), *Jasminum officinale* (Figura 50), *Lonicera japonica* (Figura 48) , e *Lonicera periclymenum* sub. *hispanica* (Figura 49) (Peças desenhadas 5 e 6).



Figura 46- Foto de *Actinidia kolomikta*



Figura 47 – Foto de *Clematis vitalba*



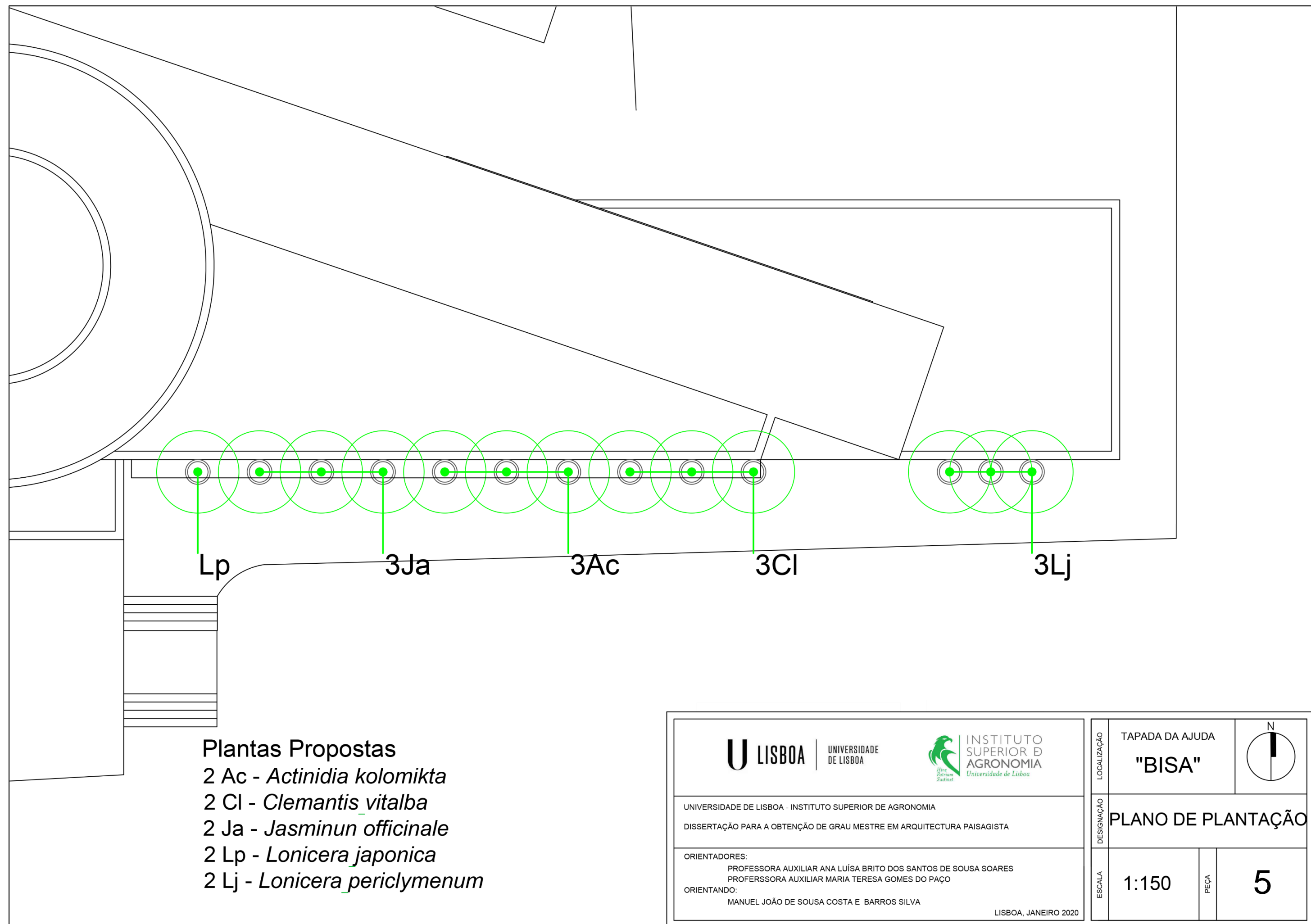
Figura 50 – Foto de *Jasminun officinale*

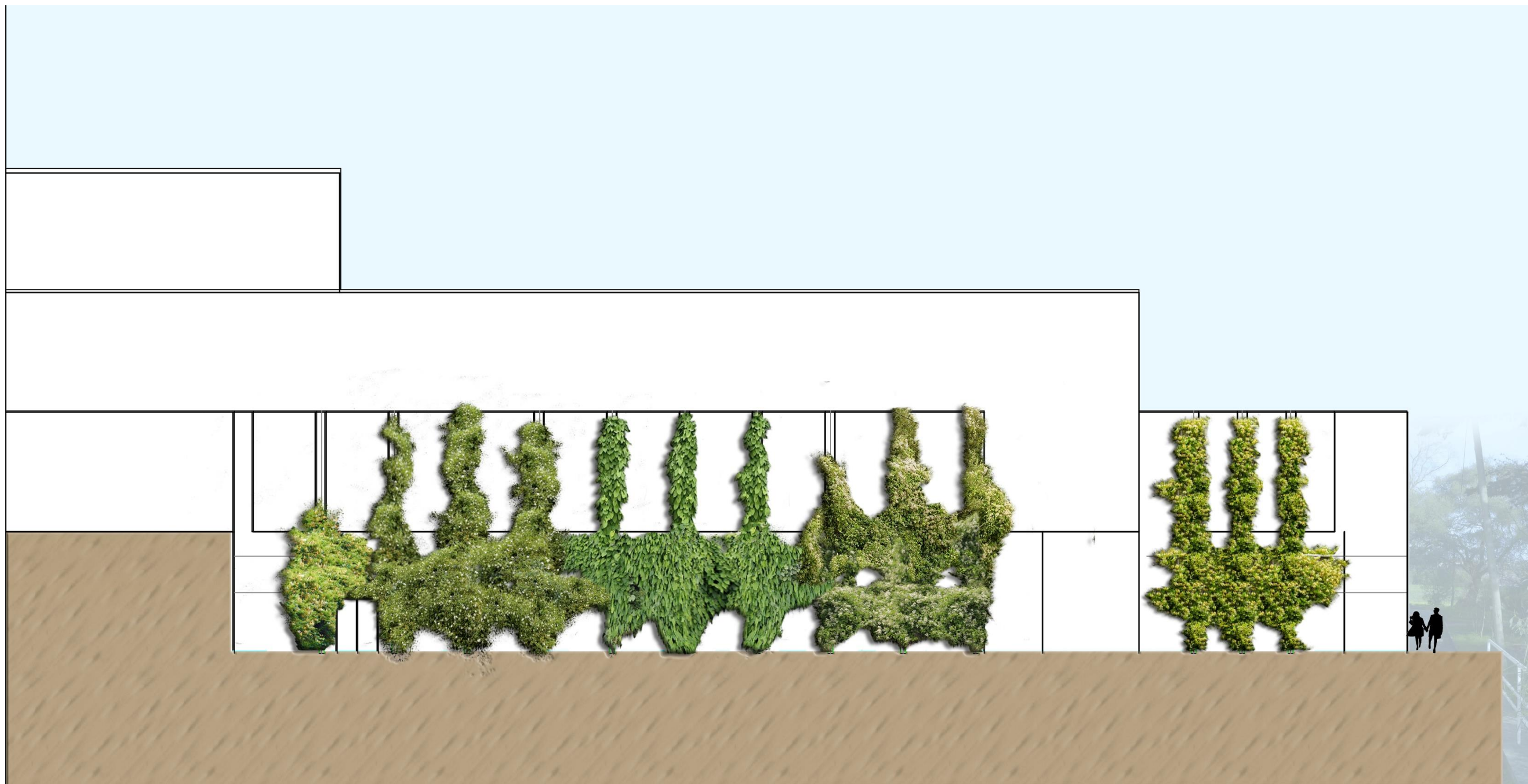


Figura 48 – Foto de *Lonicera japonica*



Figura 49 – Foto de *Lonicera periclymenum*





U LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa

UNIVERSIDADE DE LISBOA - INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

DISSERTAÇÃO PARA A OBTENÇÃO DE GRAU MESTRE EM ARQUITECTURA PAISAGISTA

ORIENTADORES:

PROFESSORA AUXILIAR ANA LUÍSA BRITO DOS SANTOS DE SOUSA SOARES
PROFESSORA AUXILIAR MARIA TERESA GOMES DO PAÇO

ORIENTANDO:

MANUEL JOÃO DE SOUSA COSTA E BARROS SILVA

LISBOA, JANEIRO 2020

LOCALIZAÇÃO	TAPADA DA AJUDA "BISA"		
DESIGNAÇÃO	ALÇADO		
ESCALA	1:150	PEÇA	6

Sistema de rega

A existência de um sistema de rega será fundamental para que as plantas consigam sobreviver após a sua instalação na fachada verde indirecta. Enquanto as raízes das trepadeiras, instaladas num substrato antropomorfizado, não se encontrarem desenvolvidas em profundidade, estarão dependentes de uma fonte artificial de água, para terem acesso a um volume de água suficiente, para se desenvolverem convenientemente. Mesmo após estas plantas terem ocupado o volume de solo existente na caldeira, e se terem desenvolvido para lá dos limites deste volume, não existe garantia que a quantidade de água disponível no solo, em certas alturas do ano seja suficiente para recarregar a reserva pela ação da chuva e seja suficiente para garantir boas condições de desenvolvimento., Esta dificuldade do meio em providenciar água para recarregar a reserva de água no solo, verifica-se devido ao meio altamente impermeabilizado que irá rodear as caldeiras das plantas e também às condicionantes climáticas.

Devido à incerteza quanto à disponibilidade de água no solo das caldeiras e na sua envolvente, deverá ser considerada a possibilidade de instalar um sistema de rega que, caso seja necessário, faça face às necessidades hídricas das plantas da fachada verde indirecta.

O sistema de rega proposto irá conter automatismos para diminuir a necessidade de supervisão, aumentando assim a sua sustentabilidade. Este automatismo será possível através do uso de programadores de rega, como por exemplo o programador de rega da marca “RainBird”, modelo “WP1” (Figura 51). Este programador consegue também adaptar o volume de água disponibilizado às plantas, diminuindo discrepâncias entre as necessidades hídricas das plantas e a água disponível no solo, acabando por diminuir a quantidade de água utilizada e favorecer certas condições necessárias à saúde das plantas, como por exemplo o não encharcamento do solo.



Figura 51 – Foto de programador de rega WP1

Os emissores instalados, deverão conseguir amenizar tendências de crescimento que venham a prejudicar o bom desenvolvimento das plantas, fomentando sistemas radiculares dispersos pelo volume do solo disponível, privilegiando também um bom desenvolvimento em profundidade. Relativamente à sua adequação ao espaço público, estes deverão ser o mais discretos possível, ser resistentes a vandalismo e a tentativas de roubo.

Emissores que assentam nas premissas anteriormente referidas, são os sistemas de rega radiculares, apelidados de brotadores ou alagadores. No caso da marca Rainbird® os modelos da série RWS (Figura 52), da Hunter® os modelos da série RZWS (Figura 53), são emissores com débitos, padrões de rega bem estudados e com eficiências comprovadas. Para além destes, existe um tipo de emissor mais artesanal com objetivos de funcionamento teoricamente parecidos, sendo denominado por *Olla*.

Os emissores *Olla*, são constituídos por um recipiente feito de barro cozido a baixas temperaturas, com diferentes formas e tamanhos, que através da sua porosidade, e de gradientes de humidade, libertam água para o solo que os envolve, com baixos caudais (Figura 54).

Se considerarmos a sustentabilidade inerente a estes dois tipos de emissores, alagadores de plástico e alagadores de barro, veremos que os emissores de plástico são produzidos através de processos altamente industrializados enquanto os de barro são produzidos de uma maneira mais artesanal; os emissores de plástico são produzidos longe do local onde vão ser instalados enquanto os de barro poderão ser produzidos numa olaria local; os emissores de plástico contêm materiais que serão mais difíceis de reintegrar nos ciclos naturais, enquanto os de barro serão facilmente reintegrados nos solos; os emissores de plástico têm grandes quantidades de emissões de carbono inerentes à sua produção, e, quando comparados com os de barro, estes terão quantidades menores. Tendo em conta que um dos objetivos a alcançar com o uso das fachadas verdes indirectas é o aumento da sustentabilidade do meio urbano, fará todo o sentido usar os emissores de rega *Olla* em detrimento dos emissores de plástico, mais convencionais.

Este método de rega, que existe desde a pré-história (Turney 1929), utilizado na rega de culturas agrícolas de hortícolas, pode vir a ser uma aposta viável, principalmente pela baixa pegada ecológica quando comparada com outros alagadores, que se encontram disseminados no mercado (Bainbridge 2002).

Este tipo de emissores acaba também por aumentar a sustentabilidade financeira do sistema de rega, diminuindo o custo do material de rega, o custo da mão de obra e a quantidade de água necessária para garantir uma rega adequada (Houdeshel e Pomeroy 2013)



Figura 54 - Alagador Olla



Figura 53 – Alagadores Hunter©



Figura 52 – Alagadores Rainbird®

Ensaio experimental do sistema de rega “Olla”

De maneira a aumentar e melhorar a informação existente sobre os emissores Olla, e perceber qual será a sua viabilidade em termos de produção e uso na zona de Lisboa, realizou-se um ensaio experimental.

O ensaio foi realizado nas “Casas de sombra”, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal (Figura 55).

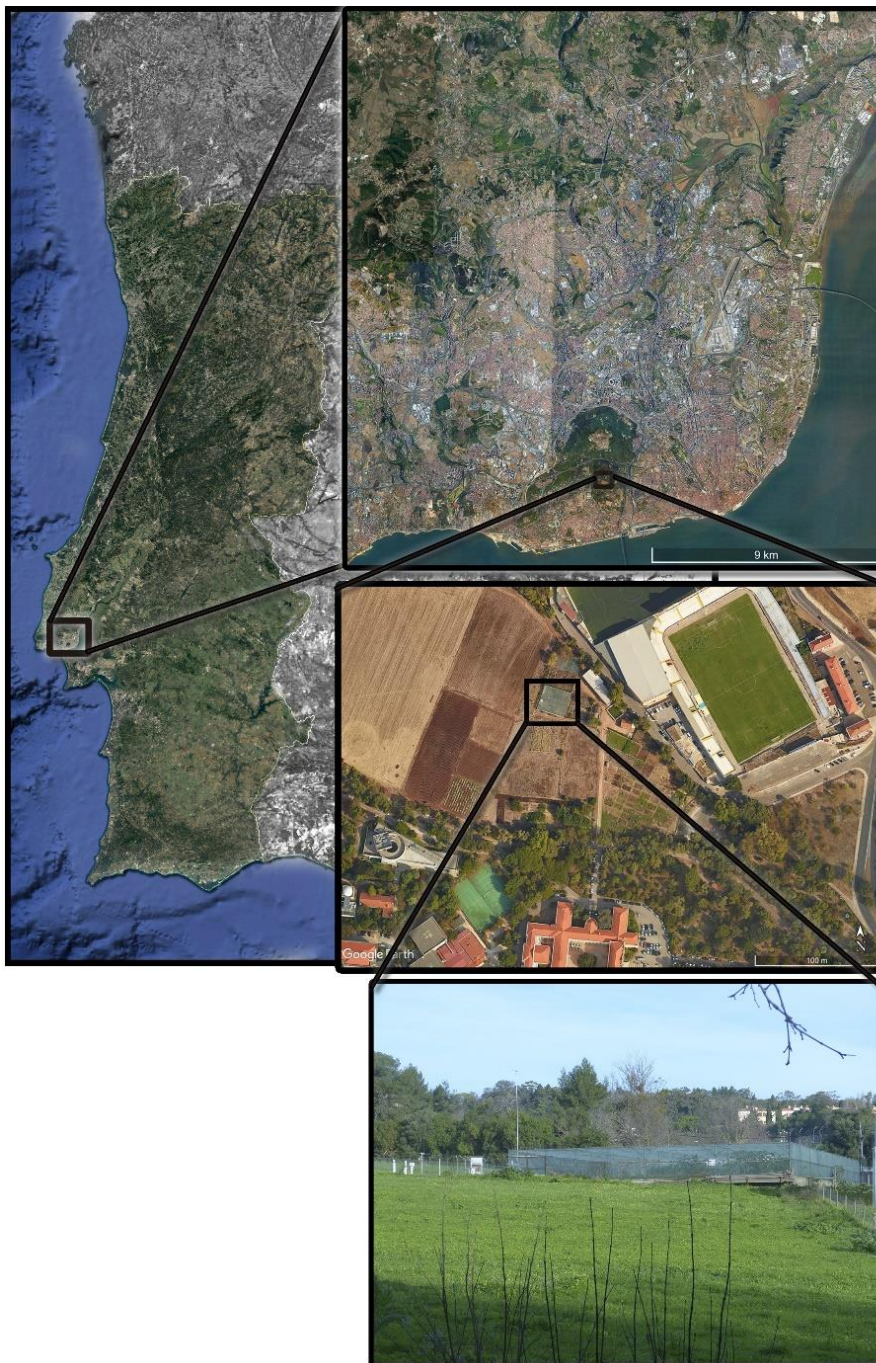


Figura 55 - Local do ensaio, "Casa de sombra", Tapada da Ajuda, Lisboa, Portugal

Este local está rodeado por redes de arame (Figura 56), que pouco interferem com os aspetos a analisar.

Relativamente ao solo existente no local do ensaio, este é semelhante ao solo encontrado nos locais de intervenção, pois ambos estão numa zona de solos basálticos, de acordo com a carta de solos consultada (Figura 40).



Figura 56 - Local do ensaio experimental, "Casas de sombra", Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal

Materiais

Barro

Para produzir os emissores foi usado um barro, comprado nos arredores de Lisboa (Mem Martins). Este é descrito pelo seu comercializador, Sio-2, como um barro ferruginoso chamotado, de cor vermelha com uma chamote de 0-0.5 mm e 0-1.5 mm a 20%, e uma porosidade, após cozedura a 1000 °C ,de 14.3%. O seu nome comercial é PF/CH.

A escolha deste barro assenta no prestígio da empresa que o comercializa, para que a sua constituição seja o mais precisa possível, na proximidade em relação a Lisboa do local onde foi extraído, e embalado e comercializado, de maneira a maximizar a sustentabilidade do processo de produção destes emissores. Outro fator a ter em conta será a sua porosidade após cozedura, que será relativamente elevada em relação a outros barros, de maneira a que a emissão de água aconteça com relativa facilidade.

Rolhas/Tampas

Durante o ensaio foram usadas rolhas em cortiça, que serviram para tapar o orifício no topo dos emissores, de maneira a que o emissor não perca água por evaporação pelo topo. O formato das rolhas era do género do utilizado em garrafas de espumante e a largura da sua base foi diminuída para que estas conseguissem entrar nos orifícios dos emissores com maior facilidade (Figura 57).



Figura 57 – Foto de rolha/tampa

A meio do ensaio, após se ter verificado que algumas rolhas selavam demasiado o orifício da parte superior dos emissores, e que isto, ao acontecer não permitia que o emissor libertasse água de maneira eficaz, foram feitas pequenas ranhuras ao longo da lateral da rolha, de maneira a resolver este problema.

Os emissores (vasos *Olla*) utilizados no ensaio foram quatro. Estes tinham uma forma cilíndrica e fizeram-se variar algumas das suas dimensões para serem obtidas ligeiras diferenças nos resultados. Os quatro emissores têm uma base e um topo com 1 cm de espessura (Figura 59). O topo de cada vaso tem uma abertura com 2 cm de diâmetro, que durante o ensaio, serve como entrada de água no emissor.

A lateral (parede) é construída através do método “rolos de barro” (Figura 59, 60 e 61). Os rolos usados neste método, irão variar entre duas espessuras e são sobrepostos até perfazerem as alturas pretendidas para cada emissor.

Estas duas dimensões (espessura da parede e altura da parede) são diferenciadas (Figura 62), de forma a permitir produzir quatro tipos de emissores com diferentes denominações. Em termos de altura dois vão ser apelidados de altos e dois de baixos, em termos de grossura, dois vão ser apelidados de grossos e dois de finos.

Dois emissores tinham 50 cm de altura e os outros dois 30 cm de altura. A espessura das paredes dos emissores era aproximadamente de 2.5 cm num emissor “alto” e num emissor “baixo”. O outro emissor “alto” e o outro emissor baixo tinham aproximadamente, 1.5 cm de espessura nas suas paredes laterais.



Figura 58 – Construção da base do emissor



Figura 59 - Rolo para construção da parede



Figura 60 - Construção de emissores

Apelidou-se então um por alto e fino (A.F.), outro por alto e grosso (A.G.), outro por baixo e grosso (B.G.), e por último, um por baixo e fino (B.F.) (Figura 63). Todos emissores tinham um diâmetro da base de 20 cm. E os seus volumes eram: 3,45L (A.F.), 3,40L (A.G.), 2,45L (B.F.), 2,30(B.G.).



Figura 61 – Construção da parede do emissor



Figura 62 - Construção das paredes do emissor



Figura 63 – Alagadores “Olla”, A.F., B.G., B.F., A.G. (da esquerda para a direita) no local de instalação do ensaio experimental

Métodos

Determinação de quantidade de água emitida

Os emissores foram enterrados no local de estudo de Oeste para Este na seguinte ordem: A.F., A.G., B.F. e B.G (Figura 64), ficando com a parte superior à face do solo. O terreno aí existente não será mobilizado, apenas serão abertas covas com o tamanho de cada emissor. Estes tiveram um espaçamento de 1,5 m e foi



Figura 64 – Pormenor de instalação, alagador A.F..

delimitada uma área em volta dos vasos onde a vegetação espontânea foi removida durante a instalação (Figura 65).

Após a instalação dos vasos, estes foram cheios com uma quantidade de água, sendo esta o volume máximo de água de cada vaso.

A quantidade de água existente nos vasos foi verificada periodicamente durante o período de 30 dias, entre 16 de setembro de 2019 e 16 de outubro de 2019, numa série de verificações com dois dias de intervalo, três dias de intervalo e novamente dois dias de intervalo. Nessas verificações foi restabelecido o volume máximo de água e aferida a quantidade de água que foi adicionada a cada emissor. Esta quantidade adicionada, foi igual ao respetivo débito total de cada emissor durante os dias (dois ou três) que antecederam a verificação. Posteriormente foi calculada a dotação média que cada vaso emitiu



Figura 65 – Instalação dos Alagadores

em cada dia, entre a última verificação e a anterior (Tabela 4 e 5). Para determinar a quantidade de água emitida, foi considerado que cada emissor origina um bolbo húmido com 25 cm de raio devido maioritariamente à textura do solo onde os emissores foram instalados (Arbat et al. 2013) (Figura 66 e 67). Alguns valores foram descartados, pois durante o ensaio foram verificados alguns problemas com as tampas dos emissores, que impediram momentaneamente os emissores de debitar água.



Figura 66 – Pormenor de instalação, alagador A.F..



Figura 67 – Evidência de bolbo húmido á superfície

Determinação da evapotranspiração de referência

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi determinada utilizando dados meteorológicos recolhidos na estação meteorológica do aeroporto de Lisboa. O ideal, seria determina-la através dos dados recolhidos pela estação meteorológica existente na Tapada da Ajuda, mas esta durante as medições realizadas, apresentou problemas de funcionamento, o que não permitiu a recolha de dados.

Foi usado o software “ ET_o Calculator version 3.1” desenvolvido pelo departamento “Water Division” da “Food and Agriculture Organization of the United Nation” lançado em janeiro de 2009. Este software tem por base a equação de Penman-Monteith para o cálculo da evapotranspiração de referência, usando a relva como cultura de referência (Raes 2007).

Os dados diários que foram utilizados como input do modelo são: temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima, humidade do ar máxima, humidade do ar média, humidade do ar mínima, ponto de orvalho, número de horas de sol, velocidade do vento a dois metros de altura, e número de horas de sol (Tabela 3).

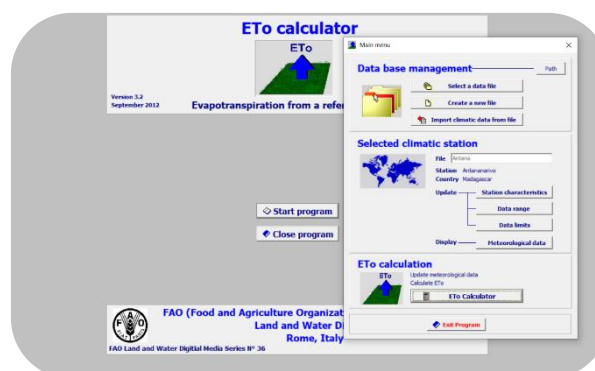


Figura 68 - Layout do software “ ET_o calculator”

Cálculo da evapotranspiração da paisagem

De maneira a calcular as necessidades hídricas de cada fachada verde indirecta proposta foi utilizado o método do “coeficiente da paisagem”. Este identifica características do local onde as plantas vivem e das próprias plantas, relativamente ao consumo hídrico, e recorre ao cálculo da evapotranspiração de referência (L. R. Costello e Jones 2014).

Para calcular a evapotranspiração da paisagem (ET_L) teremos de considerar a evapotranspiração de referência (ET_o), e o coeficiente de paisagem (K_L) (L. Costello et al. 2000), sendo ET_L dado pela seguinte equação:

$$ET_L = K_L \times ET_o$$

Para determinarmos o coeficiente da paisagem K_L teremos que ter em conta o coeficiente de vegetação (K_s), o coeficiente de densidade (K_d) e o coeficiente microclimático (K_{mc}), (L. Costello et al. 2000):

$$K_L = k_s \times k_d \times k_{mc}$$

O coeficiente de vegetação é influenciado pela quantidade de água que a planta transpira. O valor deste coeficiente distribui-se por quatro classes de acordo com as necessidades hídricas das plantas: muito baixas (<0,1), baixas (0,1 a 0,3), médias (0,4 a 0,6) e altas (0,7 a 0,9). Foram considerados diferentes valores, consoante a planta em questão (L. Costello e Jones 1999). De maneira a determinar o coeficiente de vegetação para cada fachada verde indirecta, efectuou-se uma média ponderada com os coeficientes das plantas em cada fachada (Tabela 1). Para a fachada ANFI o K_s é de 0,38 e da fachada BISA é de 0.46.

Plantas ANFI	Coeficiente de vegetação
<i>Campsis x tagliabuana</i>	0,50
<i>Fallopia baldschuanica</i>	0,20
<i>Lonicera periclymenum</i>	0,20
<i>Vitis sp.</i>	0,50
<i>Wisteria sinensis</i>	0,50
Plantas BISA	Coeficiente de vegetação
<i>Actinidia kolomikta</i>	0,50
<i>Clemantis vitalba</i>	0,90
<i>Jasminum officinale</i>	0,50
<i>Lonicera japonica</i>	0,20
<i>Lonicera periclymenum</i>	0,20

Tabela 1 - Coeficiente de Vegetação das plantas propostas para as fachadas verdes indirectas

Embora a evapotranspiração de referência represente a procura climática local, em qualquer ponto do planeta, nos ambientes urbanos essa procura climática

pode ser alterada por variados factores (ensombramento, radiação reflectida, advecção, etc.). O coeficiente microclimático considera as variações microclimáticas existentes em volta da planta e tenta refletir essas mesmas variações no cálculo da evapotranspiração da planta. Este está dividido em três classes, baixo (0,5 a 0,9), médio (1,0) e alto (1,1 a 1,4). Considerando a arquitetura que será facultada às trepadeiras, nas fachadas verdes indirectas, com uma elevada exposição a condições climáticas exigentes, acaba por ser pouco provável a existência de zonas de plantas sujeitas a sombra e são normalmente considerados valores elevados para este coeficiente. Para a fachada ANFI será considerado o valor máximo para este coeficiente (1,4). No entanto, para a BISA, que tende a estar sombreada, será considerado o valor médio (1,0).

O coeficiente de densidade tenta ponderar a quantidade de vegetação existente num espaço e a sua projecção no solo, e tenta refletir essa mesma ocupação do espaço no cálculo da evapotranspiração das plantas. Este coeficiente está dividido em três categorias, baixo (0,5 a 0,9), médio (1) e alto (1,1 a 1,3). Como o objectivo das fachadas verdes indirectas projetadas é favorecer uma forte ocupação do espaço pelas trepadeiras iremos considerar o coeficiente de densidade mais alto (1,3) para ambas as fachadas.

Stress hídrico

De maneira a determinar se as plantas sugeridas para ambos os projectos, ANFI e BISA, estariam, ou não em stress hídrico, calculou-se ET_L para uma situação de conforto hídrico das plantas e posteriormente comparou-se com a quantidade de água fornecida pelos emissores.

Análise de resultados

Débitos Totais

Comparando o somatório dos valores diários obtidos para o débito de cada emissor, é possível perceber que os emissores, A.F. (alto e fino) e o A.G. (alto e grosso), os que têm maior altura, emitiram maiores dotações. Comparando as quantidades de água libertada entre emissores com as mesmas alturas, é de notar que entre os emissores mais altos o que emitiu maior volume de água é o emissor A.F. Relativamente aos emissores com alturas mais pequenas, o que emitiu mais água foi o B.F. (Figura 69).

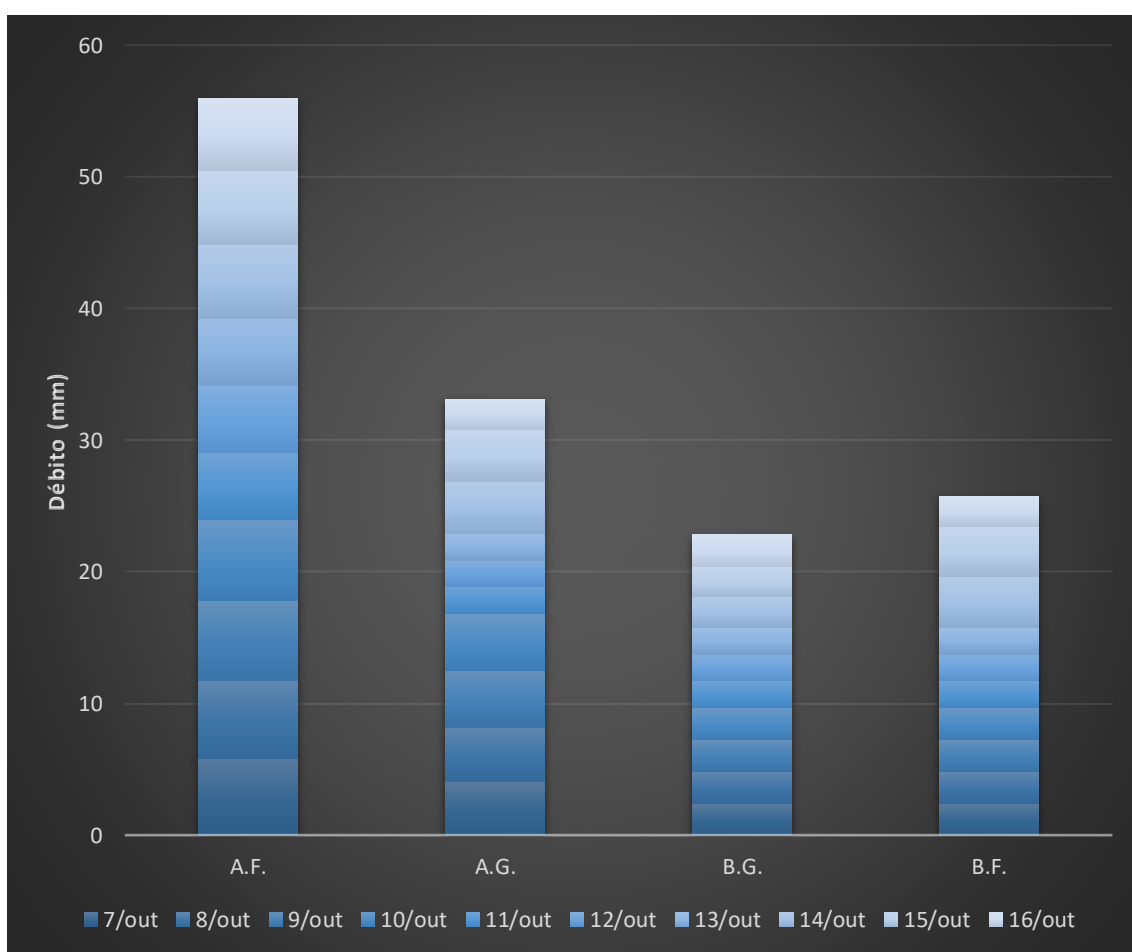


Figura 69 - Quantidade acumulada de água debitada pelos emissores ao longo do ensaio.

Débitos relativos

A comparação dos débitos diários relativos dos quatro emissores, permite notar que a quantidade de água debitada por cada emissor, onde o somatório dos débitos relativos representa a totalidade de água debitada pelos quatro emissores, se apresenta relativamente estável entre 7 de outubro e 16 de outubro. (Figura 70). O emissor A.F. emitiu cerca de 40% do total da água debitada, o emissor A.G. cerca de 25% e os outros dois o restante em partes aproximadamente iguais.

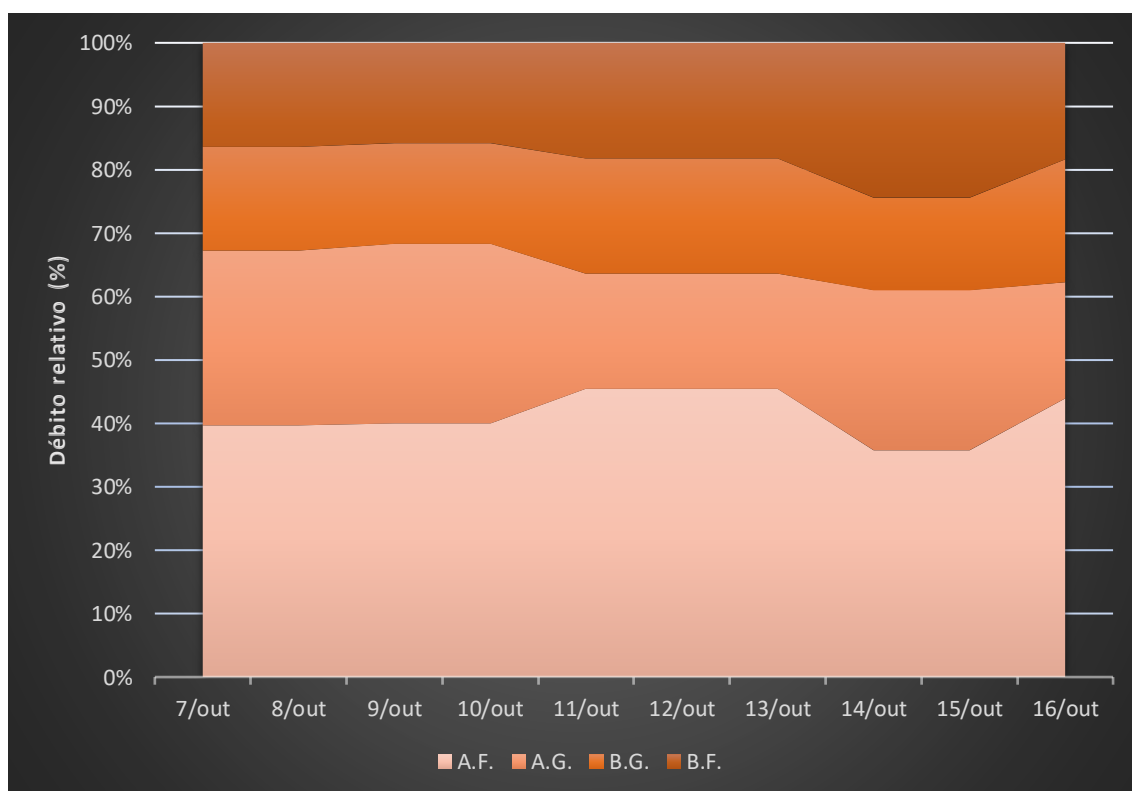


Figura 70 - Comparação relativa de água debitada pelos emissores ao longo do ensaio.

Débitos absolutos

Quando comparados os valores absolutos dos débitos diários verificados em cada emissor e a evapotranspiração de referência calculada, é possível notar que, tendencialmente, a quantidade de água emitida pelos emissores acompanha os valores desta (Figuras 70, 71, 72 e 73).

No caso específico do emissor A.F., a quantidade de água libertada foi superior tanto à evapotranspiração de referência como a ambas as evapotranspirações da paisagem (ET_L ANFI e ET_L BISA), atingindo um débito máximo diário de 8,15 mm/d e um mínimo de 4,1 mm/d (Figura 71)

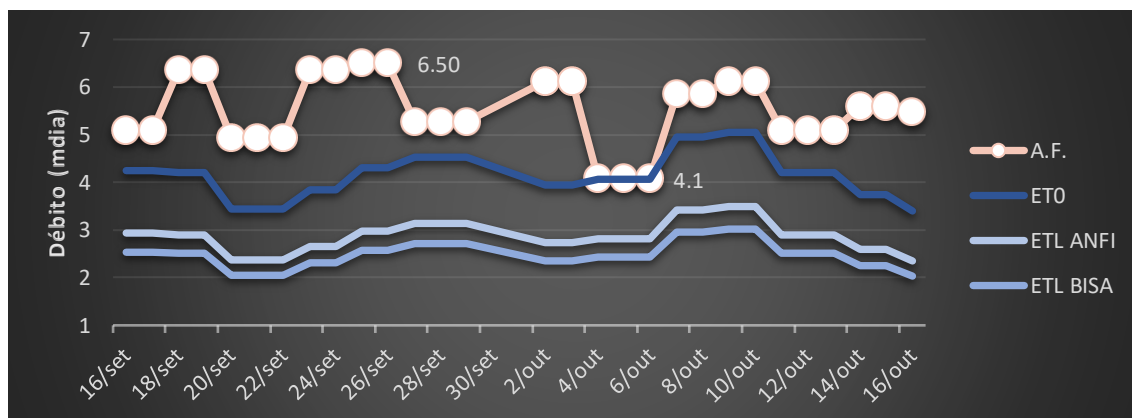


Figura 71 - Débito do emissor A.F., evapotranspiração de referência (ETo), evapotranspiração da paisagem da fachada verde indirecta ANFI (ETL ANFI) e da evapotranspiração da paisagem da fachada verde indirecta BISA (ETL BISA).

Relativamente ao emissor A.G. é possível notar que, dos 20 dias apresentados, em 2 o débito foi superior à evapotranspiração de referência, e que em 18 dias o débito do emissor foi inferior à evapotranspiração de referência. Nesses mesmos 20 dias, em 16 a quantidade de água emitida foi superior e em 4 inferior à evapotranspiração da paisagem da fachada ANFI. Em relação à evapotranspiração da paisagem da fachada BISA, a emissão foi mais alta em todos os dias. O débito máximo verificado foi de 4,33 mm/d e o débito mínimo foi de 2,55 mm/d. (Figura 72).

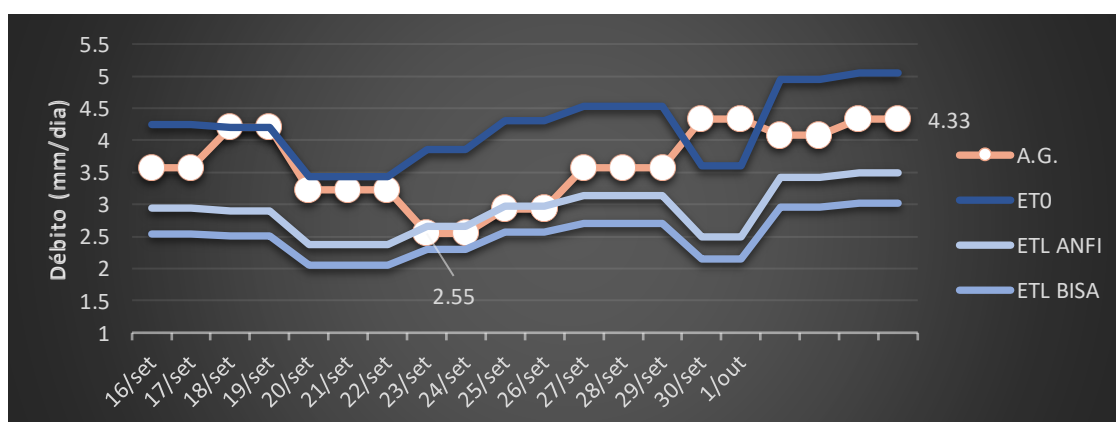


Figura 72 - Débito do emissor A.G., da evapotranspiração de referência da evapotranspiração da paisagem da fachada verde indirecta ANFI e da evapotranspiração da paisagem da fachada verde indirecta BISA

No caso específico do emissor B.G., a quantidade de água libertada pelo emissor foi sempre inferior às evapotranspirações calculadas, excepto em 3 dias, que foi superior à evapotranspiração da paisagem da fachada BISA, com um débito máximo de 2,42 mm/d e um mínimo de 2,03 mm/d (Figura 73).

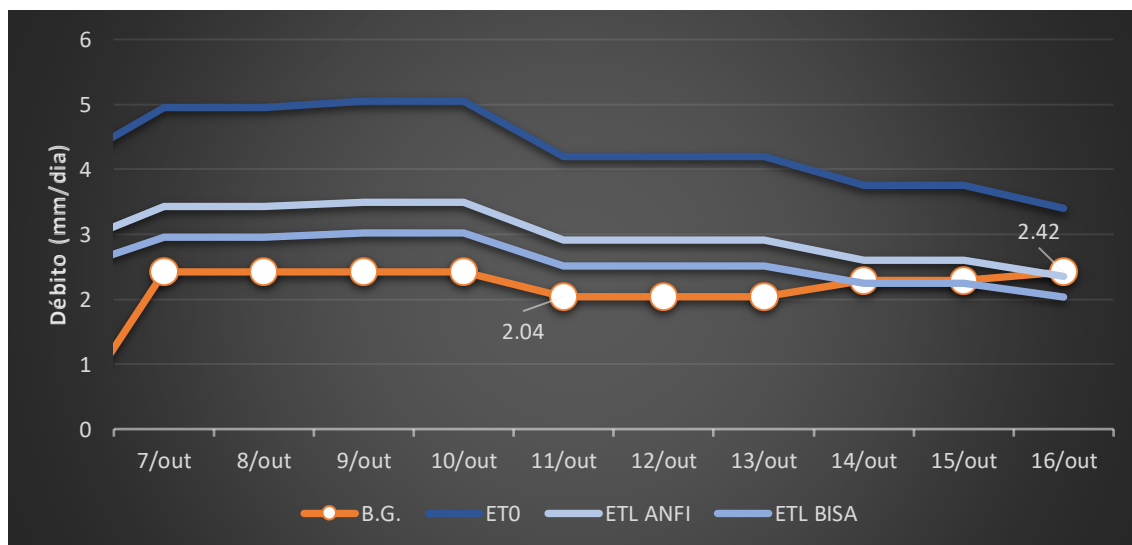


Figura 73 -Débito do emissor B.G. e da evapotranspiração de referência, da evapotranspiração da paisagem da fachada verde indirecta ANFI e da evapotranspiração da paisagem da fachada verde indirecta BISA

A quantidade de água libertada pelo emissor foi inferior à evapotranspiração de referência e à evapotranspiração da paisagem da fachada ANFI. Em 4 dias foi superior à evapotranspiração da paisagem da fachada BISA. Verificou-se um débito máximo diário de 4,49 mm/d e um débito mínimo de 1,53 mm/d (Figura 74).

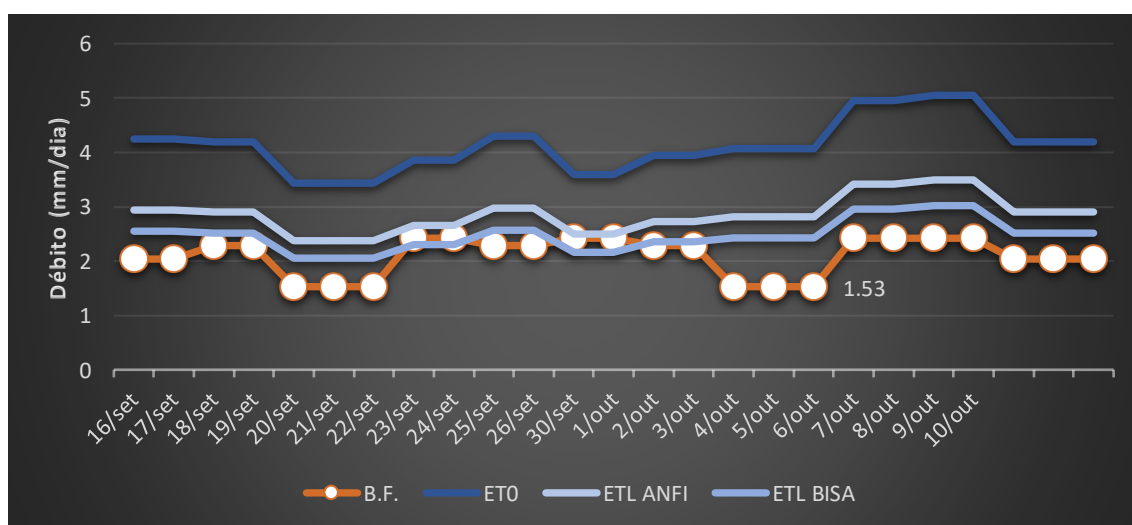


Figura 74 - Débito do emissor B.F. e da evapotranspiração de referência, da evapotranspiração da paisagem da fachada verde indirecta ANFI e da evapotranspiração da paisagem da fachada verde indirecta BISA

De maneira a contabilizar o stress hídrico que poderia ter sido causado às plantas nas fachadas verdes indirectas propostas, durante o ensaio, foi calculado o coeficiente de stress hídrico para cada fachada, como se estas tivessem sido regadas com os emissores usados no ensaio.

Se considerarmos admissível um coeficiente de stress igual ou superior a 0,75, os emissores A.F. e A.G, são capazes de emitir água suficiente em ambas as fachadas, enquanto os emissores B.G. e B.F. são capazes de emitir água suficiente na fachada BISA mas não na ANFI (Figuras 75 e 76)

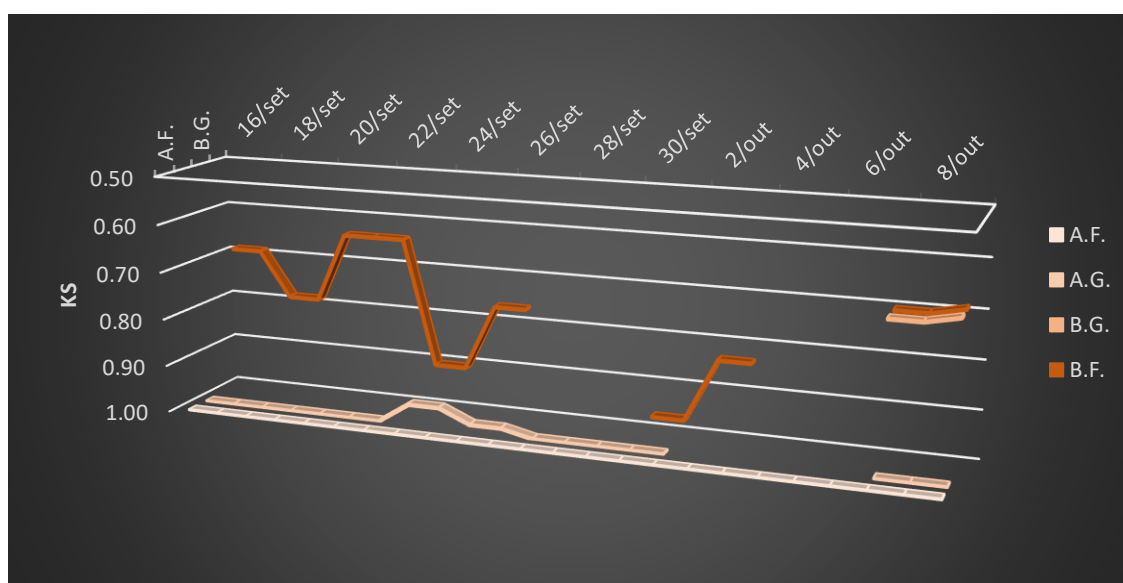


Figura 76 - Coeficiente de Stress Hídrico (K_s) no projeto BISA relativo a um sistema de rega com os diferentes emissores.

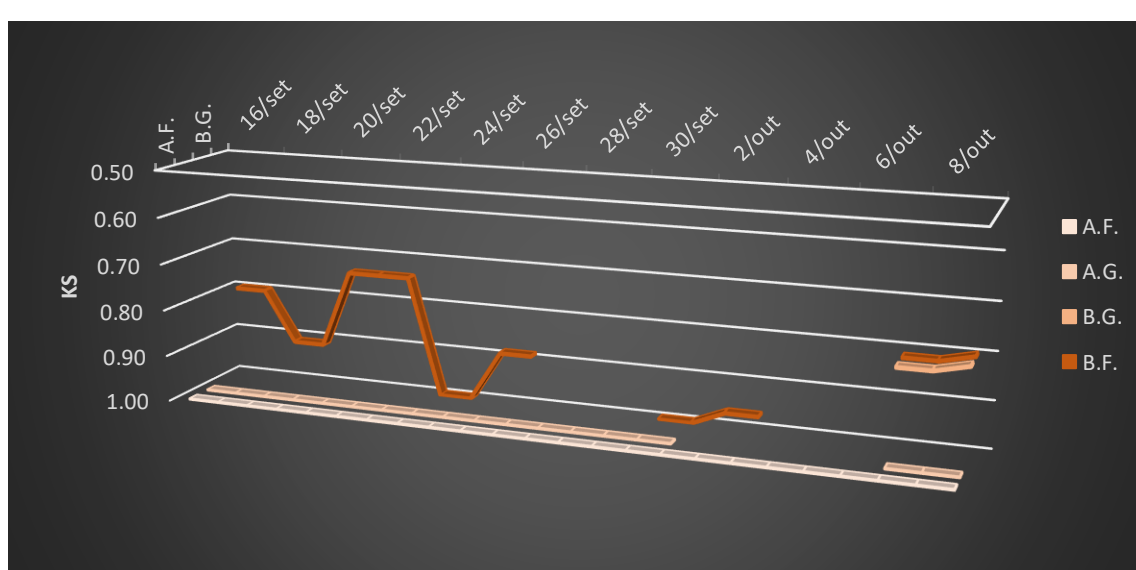


Figura 75 - Coeficiente de Stress Hídrico (K_s) no projeto ANFI relativo a um sistema de rega com os diferentes emissores.

De maneira a maximizar a sustentabilidade, tanto na construção como na manutenção da fachada verde, são propostos para o sistema de rega os dois tipos de emissores *Olla* já referidos, os emissores A.F. e B.F.. No caso das plantas instaladas na fachada verde indirecta terem uma ET_L superior a 4,00 mm/d estas deverão ser regadas com um emissor *Olla* do tipo A.F. e caso a ET_L seja inferior a 4,00 mm/d será suficiente um emissor B.F. Desta maneira, conseguiremos minimizar a quantidade de barro na construção dos emissores, minimizar a profundidade da cova onde os emissores são instalados e, durante o período em que estes irão emitir água, minimizar as emissões (peça desenhada 3 e 4).

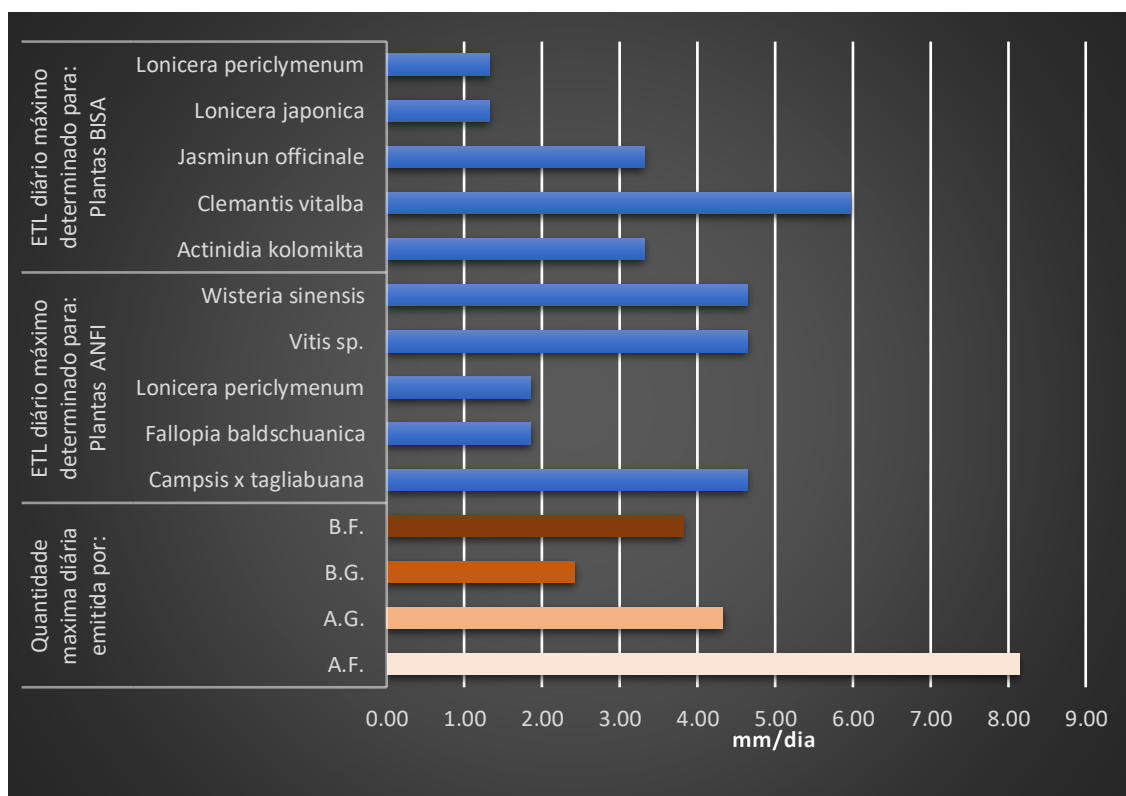
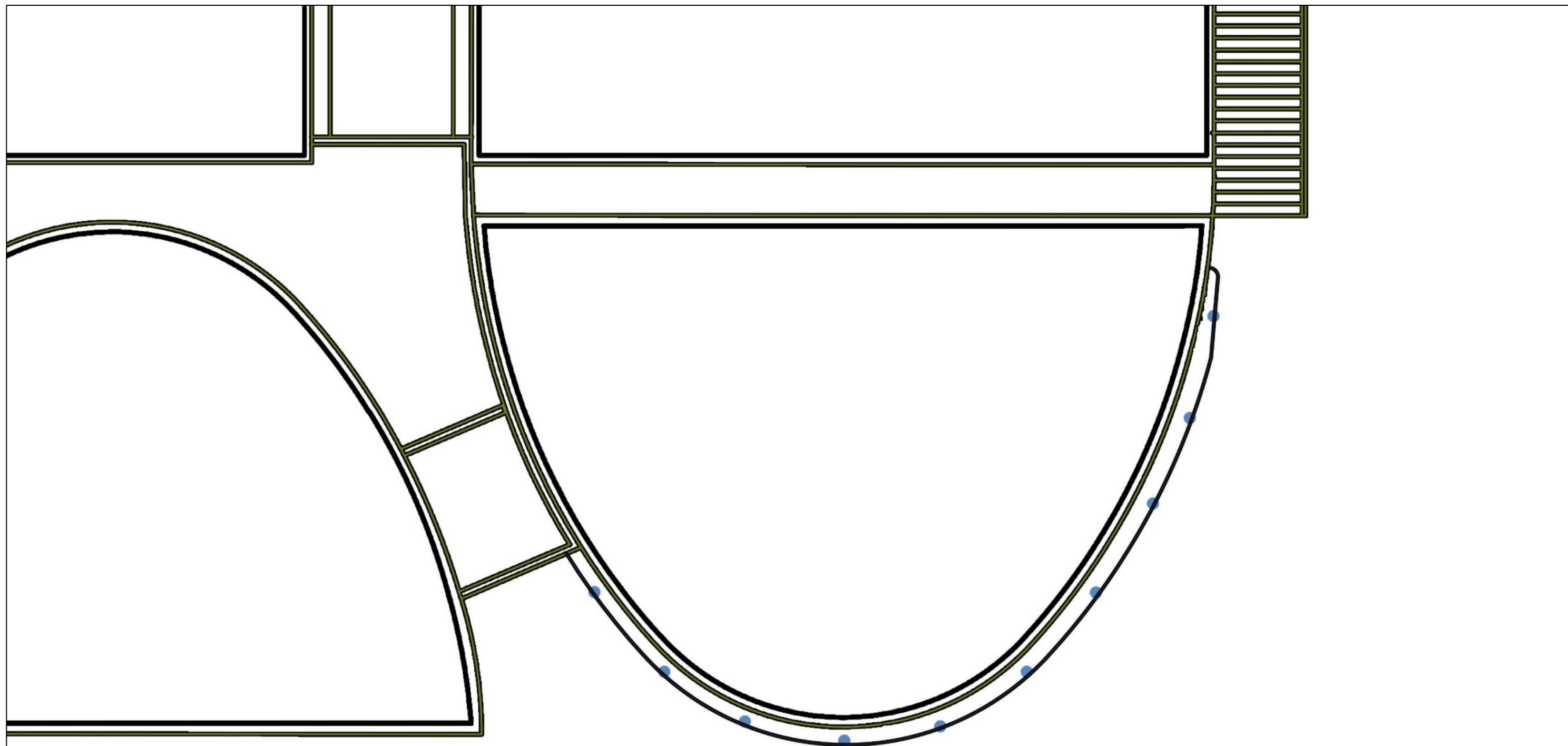


Figura 77 - Comparação de ETL para as plantas sugeridas nos projectos ANFI e BISA, e débitos emitidos pelos emissores *Olla*



● EMISSOR “OLLA”

U LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa

UNIVERSIDADE DE LISBOA - INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

DISSERTAÇÃO PARA A OBTENÇÃO DE GRAU MESTRE EM ARQUITECTURA PAISAGISTA

ORIENTADORES:

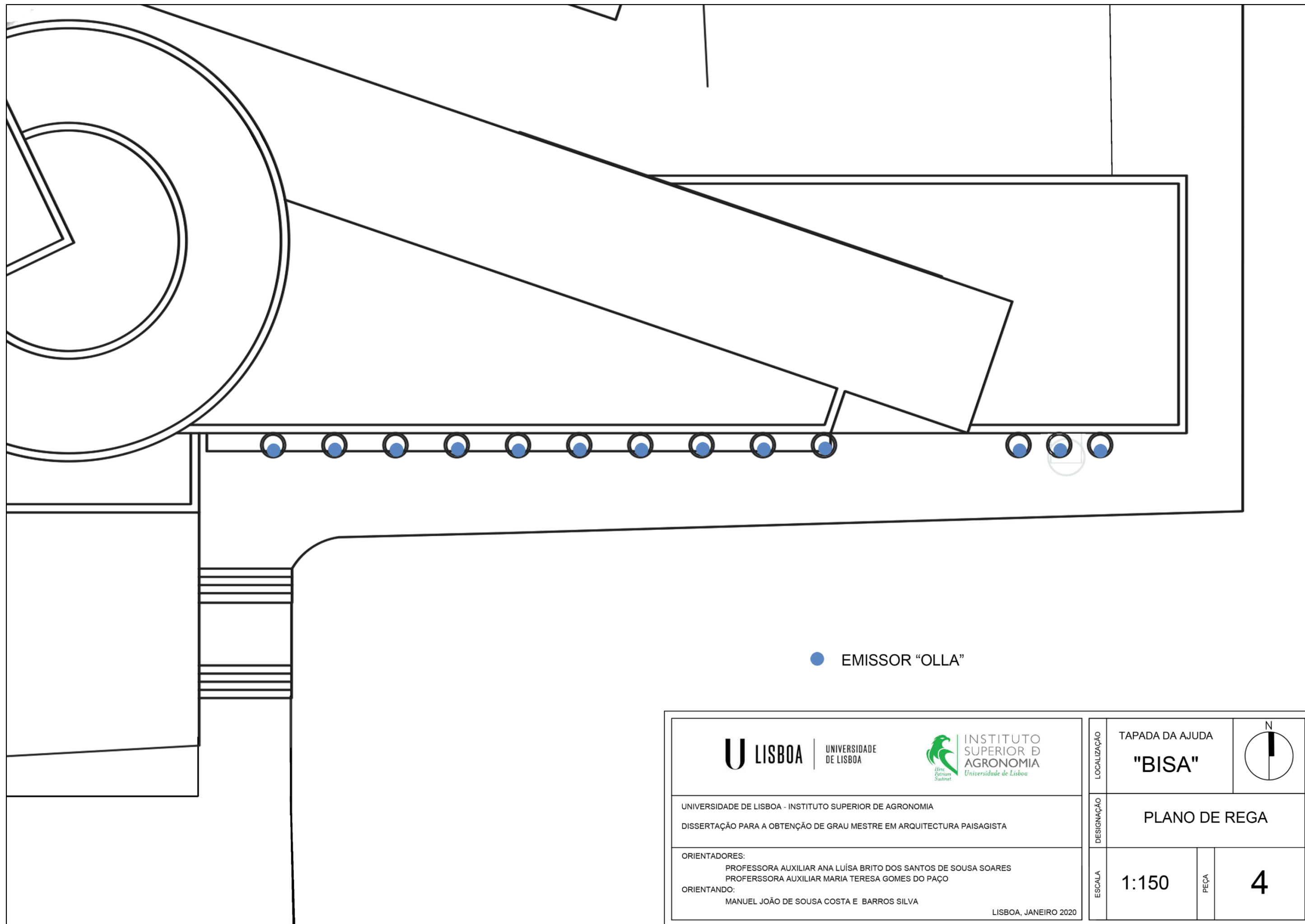
PROFESSORA AUXILIAR ANA LUÍSA BRITO DOS SANTOS DE SOUSA SOARES
PROFESSORA AUXILIAR MARIA TERESA GOMES DO PAÇO

ORIENTANDO:

MANUEL JOÃO DE SOUSA COSTA E BARROS SILVA

LISBOA, JANEIRO 2020

LOCALIZAÇÃO	TAPADA DA AJUDA "ANFI"		
DESIGNAÇÃO	PLANO DE REGA		
ESCALA	1:100	PEÇA	3



U LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa

UNIVERSIDADE DE LISBOA - INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

DISSERTAÇÃO PARA A OBTENÇÃO DE GRAU MESTRE EM ARQUITECTURA PAISAGISTA

ORIENTADORES:

PROFESSORA AUXILIAR ANA LUÍSA BRITO DOS SANTOS DE SOUSA SOARES

PROFESSORA AUXILIAR MARIA TERESA GOMES DO PAÇO

ORIENTANDO:

MANUEL JOÃO DE SOUSA COSTA E BARROS SILVA

LISBOA, JANEIRO 2020

LOCALIZAÇÃO	TAPADA DA AJUDA		<div>N</div> 
	"BISA"		
DESIGNAÇÃO	PLANO DE REGA		
ESCALA	1:150	PEÇA	4

Estrutura de suporte

A estrutura construída que irá suportar/conduzir a planta ao longo do seu desenvolvimento poderá ser de variados tipos. Habitualmente esta é constituída por duas partes, uma que sustenta as plantas (treliça), e outra que distribui o peso da estrutura e das plantas pela fachada do prédio (ancoragem). O seu conjunto terá que ser resistente o suficiente para sustentar o peso de todos os órgãos da planta que se encontrem acima do solo. Tem também que estar fixada ao edifício de forma conveniente, para que não se solte do mesmo e para que não afete a sua integridade estrutural. Esta tem também que ser assegurada, mesmo em situações limite, como durante a ocorrência de ventos fortes ou de actos de vandalismo.

Treliça

Existem várias configurações, que diversos materiais podem adotar, com o objetivo de suportar e conduzir as plantas. As formas mais comuns adotadas pelos materiais de suporte das plantas, neste tipo de fachadas verdes indiretas, podem ser mais ou menos rígidas (vigas, redes ou cabos), e ter entre uma a três dimensões, dependendo do padrão estrutural que é usado (linha, malha ou armação). Considerando a maximização da sustentabilidade como um objetivo a alcançar, a melhor escolha tenderá a ser a que minimize o rácio custo/benefício, logo a estrutura de suporte que seja constituída por menor quantidade de material tenderá a ser a melhor opção. Assim sendo, um padrão estrutural que permita ocupar uma maior superfície com menor quantidade de material será também mais sustentável. Devido à capacidade das plantas que irão ser suportadas pela estrutura se desenvolverem em três dimensões, é possível usar um padrão estrutural simples, com uma dimensão, e ainda assim obter uma ocupação de espaço tridimensional, tendo apenas de garantir que o espaçamento entre os cabos verticais é suficiente para que as plantas consigam passar de um cabo para outro.

Os materiais de constituição dos cabos devem ter em conta a exposição a vários fatores climáticos a que vão estar sujeitos durante todo o ano, como a radiação solar, a humidade, as mudanças de temperatura. E nestas condições adversas

deverão apresentar um desempenho constante e ter uma vida útil suficientemente longa. No mercado existem muitas possibilidades para a escolha do material de que estes cabos serão constituídos: fibras sintéticas, fibras naturais, arames simples e arames trançados. O material constituinte usado nestes cabos existentes em fachadas verdes indirectas, com uso mais frequente, é o aço inox. Este tipo de cabos apresenta as melhores qualidades quando comparado com outros tipos, sendo mais estáveis quando sujeitos a diferentes ambientes climáticos, e apresentando também a maior resistência à tração. Em relação aos cabos constituídos por fibras, tanto naturais como sintéticas, estes apresentam uma elevada contratilidade que varia consoante as condições ambientais a que são sujeitos. Isto não é o ideal, pois existirá uma altura do ano em que este tipo de cabos poderá danificar a estrutura do edifício, quando se contraem, e forçam os pontos de ancoragem ou quando estão laços, e se movem contra a fachada do edifício.

Tentado maximizar a sustentabilidade da estrutura, que se pode traduzir não só na redução da quantidade de material, mas também na diminuição do uso de materiais com elevada pegada ecológica, como o metal e o plástico, sugere-se o uso de um material orgânico, estável, com vida útil suficientemente longa para conduzir as plantas até aos pontos de ancoragem no edifício (peça desenhada 9).

Um material que apresenta estas características é a cana de bambu, que tem vindo a ser reconhecido como um bom material de construção (Gutu 2013). Esta solução é por vezes usada em países orientais, como material estrutural para a construção civil (Figura 70). Podendo a cana de bambu, graças à sua arquitetura celular, ter capacidades estruturais melhores do que a madeira (Chung e



Figura 78 - Foto de estrutura de construída, Shanghai, China

Yu 2002). Para além disto, a sua vida útil é suficientemente longa para que as plantas instaladas nas fachadas verdes indiretas se desenvolvam na totalidade da estrutura, fazendo assim com que as plantas em questão se fixem aos pontos de ancoragem. Os pontos de ancoragem têm uma vida útil mais prolongada do que o bambu, sendo responsáveis pelo suporte das plantas a longo prazo, sem pôr em causa a integridade da fachada verde indireta (peça de desenhada 10 11 e12).

Ancoragem

Os pontos de ancoragem anteriormente referidos, cravados na fachada do edifício, terão que ser definitivos, ou seja, com uma vida útil tão longa como a fachada do edifício onde estarão instalados. Para além disto, estes deverão não só sustentar as forças que a fachada verde indireta irá exercer, mas também distribuir essas forças pela fachada do edifício sem o danificar.

Existem soluções amplamente usadas para a ancoragem de elevados pesos em situações semelhantes às encontradas nas fachadas verdes indiretas. Ou seja, a criação de um ponto de suporte resistente na fachada de um edifício que não seria verdadeiramente desenhado e construído com este propósito. Como por exemplo, nas ancoragens de unidades de ar condicionado ou de antenas parabólicas. Estas são realizadas através de varões de aço soldados com buchas químicas (Figura 71), e quando bem executadas, suportam forças a partir dos 70 Kgf por ponto de ancoragem. Estes valores de resistência à força, são os mínimos para qualquer tipo de material constituinte da fachada do edifício, acabando por restabelecer a integridade física da fachada, garantindo também um bom isolamento e a impermeabilização desta.

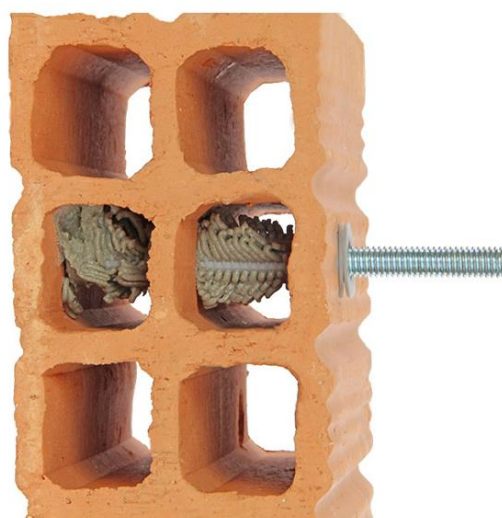
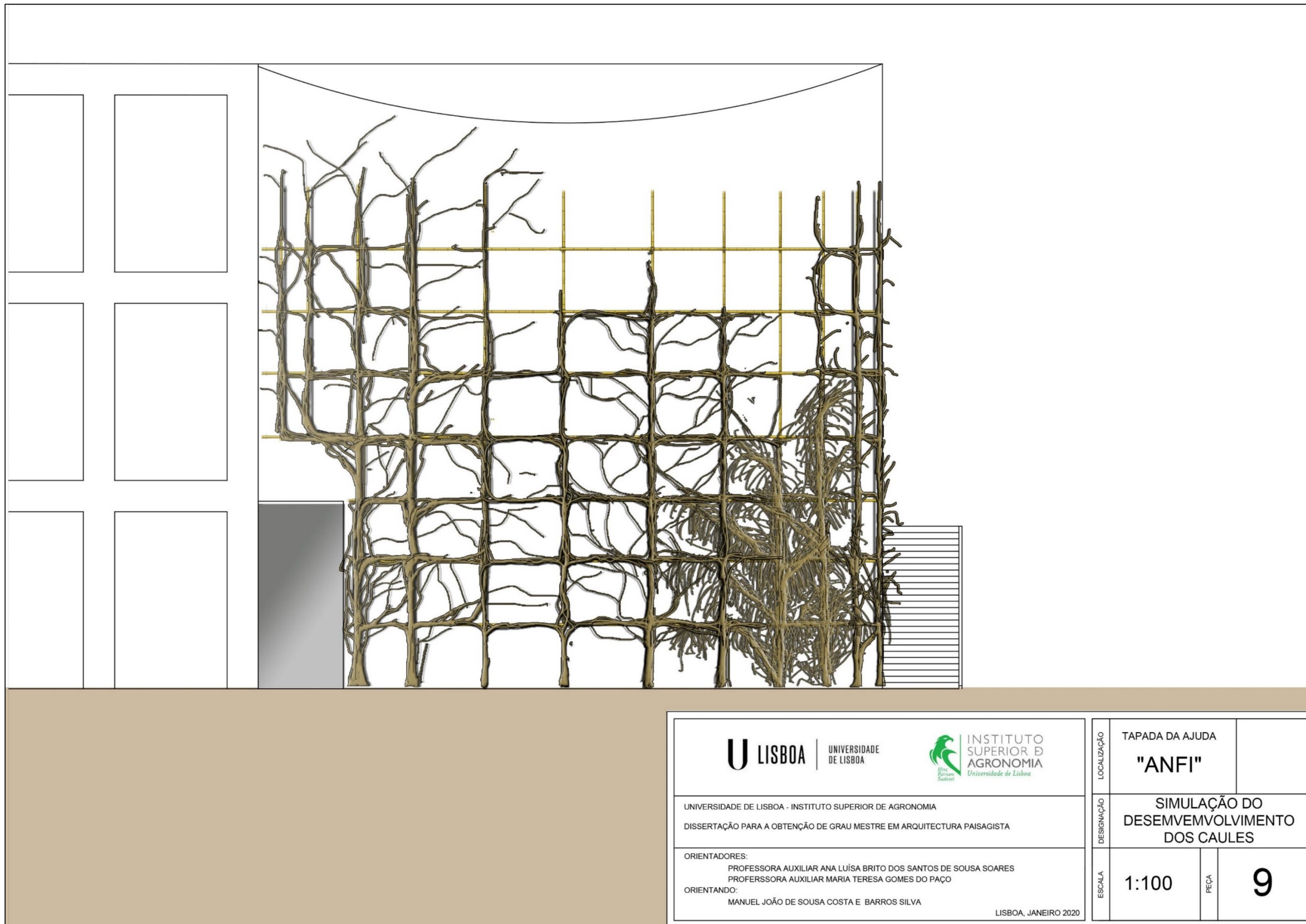


Figura 79 - Foto demonstrativa do funcionamento de um varão roscado soldado a um tijolo através de uma bucha química



U LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa

UNIVERSIDADE DE LISBOA - INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

DISSERTAÇÃO PARA A OBTENÇÃO DE GRAU MESTRE EM ARQUITECTURA PAISAGISTA

ORIENTADORES:

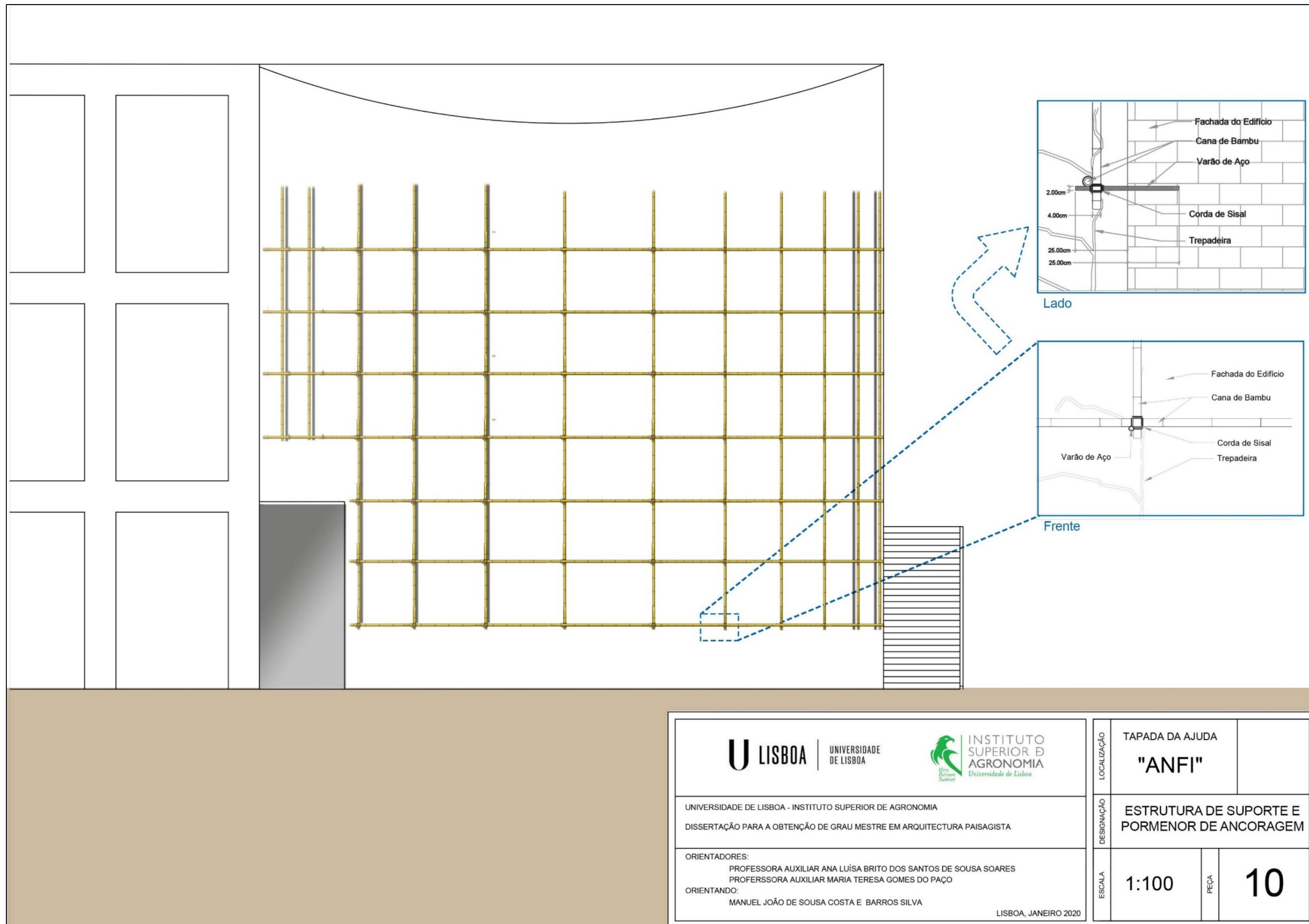
PROFESSORA AUXILIAR ANA LUÍSA BRITO DOS SANTOS DE SOUSA SOARES
PROFESSORA AUXILIAR MARIA TERESA GOMES DO PAÇO

ORIENTANDO:

MANUEL JOÃO DE SOUSA COSTA E BARROS SILVA

LISBOA, JANEIRO 2020

LOCALIZAÇÃO	TAPADA DA AJUDA "ANFI"		
DESIGNAÇÃO	SIMULAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DOS CAULES		
ESCALA	1:100	PEÇA	9



U LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa

UNIVERSIDADE DE LISBOA - INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

DISSERTAÇÃO PARA A OBTENÇÃO DE GRAU MESTRE EM ARQUITECTURA PAISAGISTA

ORIENTADORES:

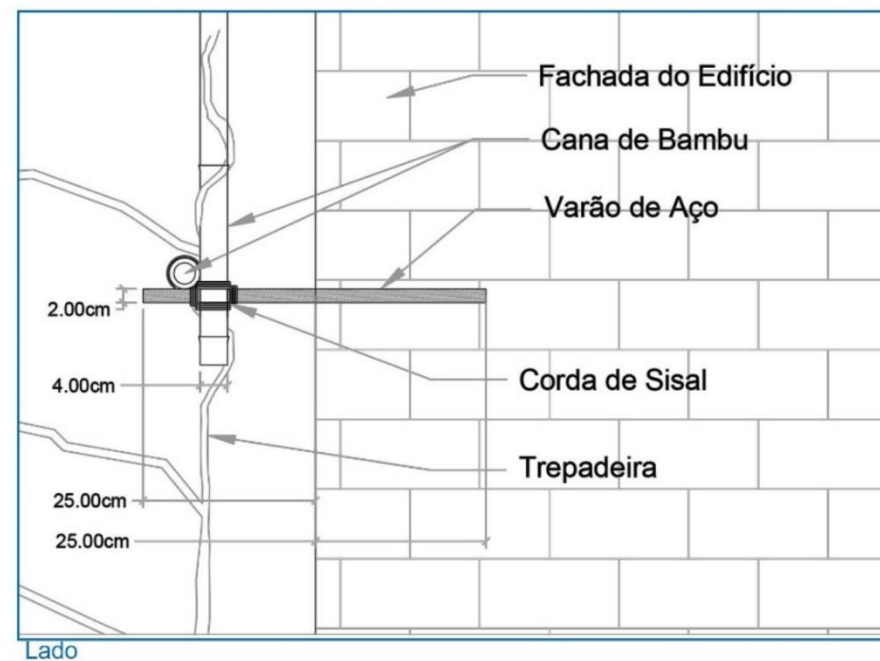
PROFESSORA AUXILIAR ANA LUÍSA BRITO DOS SANTOS DE SOUSA SOARES
PROFESSORA AUXILIAR MARIA TERESA GOMES DO PAÇO

ORIENTANDO:

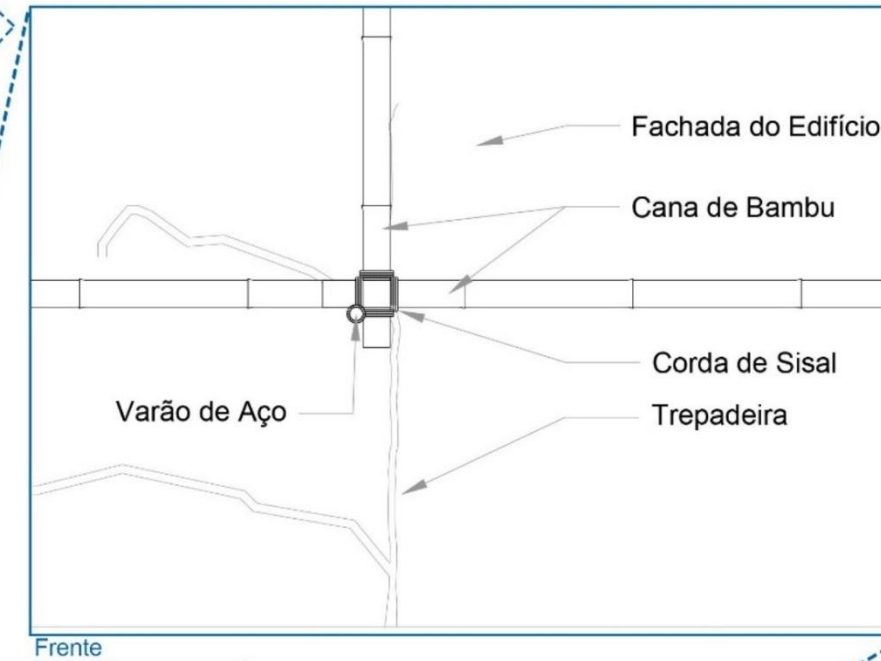
MANUEL JOÃO DE SOUSA COSTA E BARROS SILVA

LISBOA, JANEIRO 2020

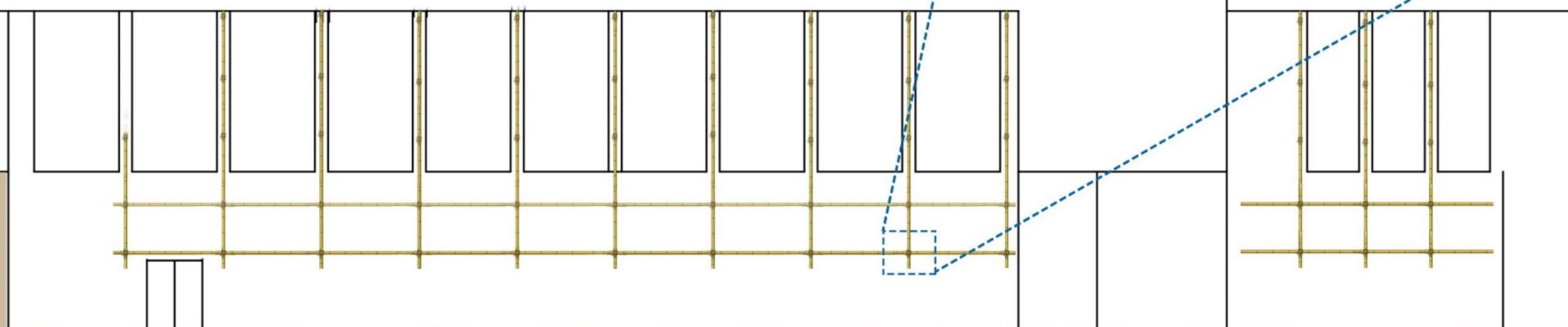
LOCALIZAÇÃO	TAPADA DA AJUDA		
	"ANFI"		
DESIGNAÇÃO	ESTRUTURA DE SUPORTE E PORMENOR DE ANCORAGEM		
ESCALA	1:100	PEÇA	10



Lado



Frente



U LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa

UNIVERSIDADE DE LISBOA - INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

DISSERTAÇÃO PARA A OBTENÇÃO DE GRAU MESTRE EM ARQUITECTURA PAISAGISTA

ORIENTADORES:

PROFESSORA AUXILIAR ANA LUÍSA BRITO DOS SANTOS DE SOUSA SOARES
PROFESSORA AUXILIAR MARIA TERESA GOMES DO PAÇO

ORIENTANDO:

MANUEL JOÃO DE SOUSA COSTA E BARROS SILVA

LISBOA, JANEIRO 2020

LOCALIZAÇÃO	TAPADA DA AJUDA "BISA"		
	ESTRUTURA DE SUPORTE E PORMENRE DE ANCORAGEM		
ESCALA	1:150	PEÇA	11

8. Conclusão

O presente estudo pretendeu aprofundar o conhecimento existente sobre as fachadas verdes indirectas, apresentando também duas soluções de projeto. Apresentam-se em seguida as conclusões mais relevantes.

Existem muitos tipos de parede verde, o que tende a complicar a escolha correta para os variados nichos paisagísticos existentes dentro da paisagem urbana. O clima (nomeadamente a elevada exposição à radiação solar) destaca-se como o factor que mais poderá contribuir para o insucesso das paredes verdes na zona de Lisboa. As fachadas verdes indirectas são o tipo de parede verde que à partida apresentará maior sustentabilidade quando sujeita aos extremos climáticos existentes nesta zona.

As fachadas verdes indirectas apresentam variadas vantagens, tais como o aumento da diversidade visual urbana, melhoria da gestão das águas pluviais, aumento da qualidade do ar, redução da temperatura ambiente no interior do edificado e poupança energética, mitigação do efeito “ilha de calor”, aumento da fruição nas áreas urbanas e benefícios psicológicos, transformação estética e ética, aumento do valor imobiliário, contributo para o “contínuo verde”. Em relação às desvantagens das fachadas verdes indirectas, estas estão por ser compiladas e posteriormente questionadas e solucionadas. No entanto, no desenvolvimento desta dissertação foi possível descrever alguns destes possíveis problemas, considerando a zona de Lisboa. Os obstáculos impostos tanto pelas características edafoclimáticas, como pelas boas práticas da construção e gestão do espaço público, existentes na zona de Lisboa são, no entanto, teoricamente passíveis de resolução.

O caso de estudo abordado, demonstra que as fachadas verdes indirectas, em situações específicas, podem ser uma boa opção de projecto. A análise do Park MFO (Zurique, Suíça) tende a demonstrar que mesmo soluções técnicas complexas poderão ter viabilidade.

A proposta de projecto apresentada para duas fachadas verdes indirectas no Instituto Superior de Agronomia, demonstra a viabilidade técnica deste tipo de projecto na zona de Lisboa. Para o efeito recorreu-se ao uso de técnicas inovadoras, como os emissores *Olla* e as estruturas de fixação em bambu. Através do ensaio realizado com os emissores *Olla*, foi possível conhecer alguns problemas associados aos mesmos. Estes emissores, tenderam a apresentar um débito de água em regra proporcional à evapotranspiração de referência e foi possível determinar que este tipo de solução é viável para a rega das plantas seleccionadas. Mais especificamente, determinaram-se as características necessárias dos emissores para cada um dos projectos apresentados.

Recorrendo ao uso das técnicas inovadoras referidas, é possível aumentar a sustentabilidade das fachadas verdes indirectas. Esse aumento de sustentabilidade na instalação e manutenção destas fachadas irá consequentemente contribuir para um aumento de sustentabilidade da paisagem urbana onde estas se inserem.

9. Bibliografia

- Almeida, H. 1998. «Práticas alternativas de controle de pragas e doenças na agricultura. Caletanea de receitas.» EMOPI Editora.
- Alves, João Miguel Marujo. 2009. «Implementação de pré-requisitos para um sistema de auto-controlo nos mercados municipais de Lisboa: 31 de Janeiro e Ribeira».
- Anand, Sudhir, e Amartya Sen. 2000. «Human development and economic sustainability». *World development* 28 (12): 2029–49.
- Arbat, G., J. Puig-Bargués, M. Duran-Ros, J. Barragán, e F. Ramírez de Cartagena. 2013. «Drip-Irrigation: Computer Software to Simulate Soil Wetting Patterns under Surface Drip Irrigation». *Computers and Electronics in Agriculture* 98 (Outubro): 183–92. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.08.009>.
- Bainbridge, David A. 2002. «Alternative irrigation systems for arid land restoration». *Ecological Restoration* 20 (1): 23–30.
- Beckert, Cristina. 2003. «Ética ambiental, uma ética para o Futuro», Crise ambiental e condição humana”.
- Biddle, P. G. 1979. «2—Tree Root Damage to Buildings—An Arboriculturist’s Experience». *Arboricultural Journal* 3 (6): 397–412.
- Binabid, Jamil. 2010. «Vertical Garden: The study of vertical gardens and their benefits for low-rise buildings in moderate and hot climates». MBS, UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA.
- Blunt, Stephen M. 2008. «Trees and pavements—are they compatible?» *Arboricultural Journal* 31 (2): 73–80.
- Bonnefoy, Xavier, Helge Kampen, e Kevin Sweeney. 2008. *Public health significance of urban pests*. World Health Organization.
- Bruse, M., M. Thönnessen, e U. Radtke. 1999. «Practical and theoretical investigation of the influence of facade greening on the distribution of heavy metals in urban streets». Em *Proceedings of the 5th International Conference on Urban Climate and International Congress of Biometeorology, Sydney, WMO/TD-1026*, 15–20.
- Burnie, D, e DE Wilson. 2001. «Animal. Dorling Kindersley». *London. pp.*
- Camara Municipal de Lisboa. 2017. *Diário da República*. 231/2017.
- Cardoso, Fernando Henrique. 2002. «Manual de controle de roedores». *Língua e Literatura* 13: 158. <https://doi.org/10.11606/issn.2594-5963.lilit.1984.114570>.
- Chung, KF, e WK Yu. 2002. «Mechanical properties of structural bamboo for bamboo scaffoldings». *Engineering structures* 24 (4): 429–42.
- Collins, Darin, e David Powell. 1996. «Applied pest control at Woodland Park Zoological Gardens». Em , 290–95. AMERICAN ASSOCIATION OF ZOO VETERINARIANS.

- Corominas, Joan. 2010. «Agua y energía en el riego, en la época de la sostenibilidad». *Ingeniería del agua* 17 (3): 219–33.
- Costa, Ana Cristina Martins da. 2010. «Águas pluviais em meio urbano contribuição de Lisboa para o seu uso sustentável». Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Costa, João Pedro. 2013. *Urbanismo e adaptação às alterações climáticas: as frentes de água*. Horizonte.
- Costello, L. R., e K. S. Jones. 2014. «WUCOLS IV. Water use classification of landscape species». *California Center for Urban Horticulture, UC Davis*. <http://ucanr.edu/sites/WUCOLS>.
- Costello, LR, e KS Jones. 1999. «WUCOLS III». *A guide to estimating irrigation water needs of landscape plantings in California*. University of California Cooperative Extension. California Department of Water Resources.
- Costello, LR, NP Matheny, JR Clark, e K Jones. 2000. «WUCOLS III: A guide to estimating irrigation water needs of landscape plantings in California: the landscape coefficient method». *San Mateo and San Francisco Counties: University of California Cooperative Extension, California Department of Water Resources* 160.
- Crespo, António Pedro Marcos Avérous Mira. 2012. «Controlo de pragas no Jardim Zoológico de Lisboa: particular relevância para o controlo de roedores e sua infeção parasitária».
- Crompton, John L. 2001. «The impact of parks on property values: A review of the empirical evidence». *Journal of leisure research* 33 (1): 1–31.
- Dempsey, Nicola, Glen Bramley, Sinéad Power, e Caroline Brown. 2011. «The social dimension of sustainable development: Defining urban social sustainability». *Sustainable development* 19 (5): 289–300.
- Dunnett, Nigel, e Noel Kingsbury. 2008. *Planting green roofs and living walls*. Timber press Portland, OR.
- Edwards, Paul Francis, Katherine Swift, e Linda Farrar. 2001. *Pergolas, arbours and arches: their history and how to make them*. Barn Elms.
- European Environmental Agency. 2015. «Exploring nature-based solutions. The role of green infrastructure in mitigating the impacts of weather-and climate change-related natural hazards».
- «Expresso | Portugal está entre os piores países da Europa na pobreza energética». 2019. Jornal Expresso. 20 de Fevereiro de 2019. [//expresso.pt/sociedade/2019-02-20-Portugal-esta-entre-os-piores-paises-da-Europa-na-pobreza-energetica](http://expresso.pt/sociedade/2019-02-20-Portugal-esta-entre-os-piores-paises-da-Europa-na-pobreza-energetica).
- Farina, Daiane. 2017. «Caracterização e avaliação do coeficiente de permeabilidade de um solo residual basáltico de Erechim-RS, compactado nas condições de proctor normal, com percolação de água e óleo diesel».
- Fleckenstein, Jan, Michael Anderson, Graham Fogg, e Jeffrey Mount. 2004. «Managing surface water-groundwater to restore fall flows in the

- Cosumnes River». *Journal of Water Resources Planning and Management* 130 (4): 301–10.
- Freisager, Michael. 2018. «MFO Park: The North Zurich Parkscape». *Urban Next* (blog). 2018. <https://urbannext.net/mfo-park/>.
- Fresco, Louise O., e Salomon B. Kroonenberg. 1992. «Time and spatial scales in ecological sustainability». *Land use policy* 9 (3): 155–68.
- GhaffarianHoseini, AmirHosein, Nur Dalilah Dahlan, Umberto Berardi, Ali GhaffarianHoseini, Nastaran Makaremi, e Mahdiar GhaffarianHoseini. 2013. «Sustainable energy performances of green buildings: A review of current theories, implementations and challenges». *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 25: 1–17.
- Givoni, Baruch. 1991. «Impact of planted areas on urban environmental quality: a review». *Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere* 25 (3): 289–99.
- Green, Building. 2004. «A guide to using plants on roofs, walls and pavements». *Mayor of London. Greater London Authority*.
- «Green Infrastructure - Environment - European Commission». 2012. 2012. <http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/studies.htm>.
- Gutu, T. 2013. «A study on the mechanical strength properties of bamboo to enhance its diversification on its utilization». *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering* 2 (5): 314–19.
- Heinze, Johannes, Sabine Gensch, Ewald Weber, e Jasmin Joshi. 2016. «Soil temperature modifies effects of soil biota on plant growth». *Journal of Plant Ecology* 10 (5): 808–21.
- Hepburn, Ronald. 1966. «Contemporary aesthetics and the neglect of natural beauty». *British analytical philosophy*, 285–310.
- Houdeshel, Dasch, e Christine Pomeroy. 2013. «Storm-water bioinfiltration as no-irrigation landscaping alternative in semiarid climates». *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 140 (2): 06013004.
- Ibelings, Hans. 1998. *Supermodernismo: arquitectura en la era de la globalización*. Gustavo Gili,.
- Jennings, David B., e S. Taylor Jarnagin. 2002. «Changes in anthropogenic impervious surfaces, precipitation and daily streamflow discharge: a historical perspective in a mid-Atlantic subwatershed». *Landscape Ecology* 17 (5): 471–89.
- Jonas, Hans. 1985. *The imperative of responsibility: In search of an ethics for the technological age*. University of Chicago press.
- Keatinge, R, FH Tattersall, CA Watson, MS Wolfe, Malla Hovi, Nic H Lampkin, Susanne Padel, EKM Lennartsson, EA Stockdale, e DW Macdonald. 2001. «Agronomic and environmental implications of organic farming systems». *Agronomy*, 261–327.
- Koenigsberger, Otto H. 1975. *Manual of tropical housing & building*. Orient Blackswan.

- Köhler, Manfred. 2008. «Green facades—a view back and some visions». *Urban Ecosystems* 11 (4): 423. <https://doi.org/10.1007/s11252-008-0063-x>.
- Lewis, D. 1991. «Urban forestry: management for local authorities». *Arboricultural Journal* 15 (3): 265–71.
- Lundholm, Jeremy T. 2006. «Green roofs and facades: a habitat template approach». *Urban habitats* 4 (1): 87–101.
- Lurz, Peter WW, John Gurnell, e Louise Magris. 2005. «*Sciurus vulgaris*». *Mammalian species* 2005 (769): 1–10.
- Magro, Tiago José Pereira. 2006. «Análise da variação de alguns elementos climáticos na Tapada da Ajuda».
- Manso, Maria, e João Castro-Gomes. 2015. «Green wall systems: A review of their characteristics». *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41: 863–71. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>.
- Matthews, Jeanine, e Maggie Winter. 2010. «MFO Park, Zurich, Switzerland», 7.
- Mazzali, Ugo, Fabio Peron, Piercarlo Romagnoni, Riccardo M. Pulselli, e Simone Bastianoni. 2013. «Experimental investigation on the energy performance of living walls in a temperate climate». *Building and Environment* 64: 57–66.
- Meyer, Elizabeth K. 2000. «The post-Earth Day conundrum: translating environmental values into landscape design». *Environmentalism in landscape architecture* 22.
- Paganová, Viera. 2016. «Root system of trees in urban areas-main hazards and solutions». Em , 98.
- Perini, Katia, e Adriano Magliocco. 2012. «The integration of vegetation in architecture, vertical and horizontal greened surfaces». *International Journal of Biology* 4 (2): 76.
- Pugh, Thomas AM, A. Robert MacKenzie, J. Duncan Whyatt, e C. Nicholas Hewitt. 2012. «Effectiveness of green infrastructure for improvement of air quality in urban street canyons». *Environmental science & technology* 46 (14): 7692–99.
- Raes, D. 2007. «The ET0 calculator—reference manual». *KU Leuven University. Leuven*.
- Ragheb, Amany, Hisham El-Shimy, e Ghada Ragheb. 2016. «Green architecture: A concept of sustainability». *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 216 (10.1016).
- Rahman, Abdul MA, Foong S. Yeok, e Atikah F. Amir. 2011. «The building thermal performance and carbon sequestration evaluation for psophocarpus tetragonobulus on biofacade wall in the tropical environment». *World Academy of Science, Engineering and Technology* 76: 86–94.
- Ribeiro, Luis F. 1998. «The cultural landscape and the uniqueness of place: a greenway heritage network for landscape conservation of Lisbon metropolitan area».

- Rodes, Charles, L Sheldon, D Whitaker, A Clayton, e K Fitzgerald. 1999. «Measuring concentrations of selected air pollutants inside California vehicles. Final Report». Research Triangle Inst.
- Safikhani, Tabassom, Aminatuzuhariah Megat Abdullah, Dilshan Remaz Ossen, e Mohammad Baharvand. 2014. «A review of energy characteristic of vertical greenery systems». *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 40: 450–62.
- Santamouris, Mattheos. 2014. «Cooling the cities—a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments». *Solar energy* 103: 682–703.
- Santos, Jorge Bonito. 2018. *Lisboa: O Desenho da Rua: Manual de espaço público*. 1ª ed. Lisboa: CML - Departamento de Espaço Público, Departamento de Urbanismo.
- Serrão, Adriana. 2012. «A Filosofia e Arquitetura da Paisagem», “Paisagem, uma categoria em traseção”.
- Sharp, JM. 2010. «The impacts of urbanization on groundwater systems and recharge». *Aqua Mundi* 1 (3).
- Sheweka, Samar, e Arch Nourhan Magdy. 2011. «The living walls as an approach for a healthy urban environment». *Energy Procedia* 6: 592–99.
- Sieghardt, Monika, Erich Mursch-Radlgruber, Elena Paoletti, Els Couenberg, Alexandros Dimitrakopoulus, Francisco Rego, Athanassios Hatzistathis, e Thomas Barfoed Randrup. 2005. «The abiotic urban environment: impact of urban growing conditions on urban vegetation». Em *Urban forests and trees*, 281–323. Springer.
- Silva, Paula Gomes da. 2013. «Natureza, ecologia e cultura: bases para uma abordagem ao projeto ecológico». *Filosofia e Arquitectura da Paisagem*, 291–302.
- Soares, Ana Luísa Brito dos Santos. 2006. «O valor das árvores: árvores e floresta urbana de Lisboa»
- Sousa, Álvaro André de, Karolina Vender, e Amanada Rodrigues Marques. 2018. «DISCUTINDO O CONCEITO DE FUNDAÇÕES». Em .
- Trenberth, K. E., P. D. Jones, P. Ambenje, R. Bojariu, D. Easterling, A. Klein Tank, D. Parker, F. Rahimzadeh, J. A. Renwick, e M. Rusticucci. 2007. «Observations: surface and atmospheric climate change. Chapter 3». *Climate change*, 235–336.
- Tschumi, Bernard. 1996. *Architecture and disjunction*. MIT press.
- Turney, Omar A. 1929. «Prehistoric irrigation».
- «UN DESA | United Nations Department of Economic and Social Affairs». 2018. 68% of the World Population Projected to Live in Urban Areas by 2050, Says UN. 16 de Maio de 2018. <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>.

- Watson, Gary W, Angela M Hewitt, Melissa Custic, e Marvin Lo. 2014. «The Management of Tree Root Systems in Urban and Suburban Settings II: A Review of Strategies to Mitigate Human Impacts.» *Arboriculture & Urban Forestry* 40 (5).
- West, Sarah E. 2004. «Distributional effects of alternative vehicle pollution control policies». *Journal of public Economics* 88 (3–4): 735–57.
- Wong, Nyuk Hien, Alex Yong Kwang Tan, Yu Chen, Kannagi Sekar, Puay Yok Tan, Derek Chan, Kelly Chiang, e Ngian Chung Wong. 2010. «Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls». *Building and environment* 45 (3): 663–72.
- Мхитарян, КО. 2016. «Многоэтажный вертикальный парк “Mfo”». *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*, n. 4 (38).

10. Anexos

Data	Temperatura(° F)			Dew Point (° F)			Humidade Relativa (%)			Velocidade do vento a 2m de altura(m/s)			Pressão atmosférica (Hg)			Precipitação (mm)	EtO
	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min		
16/set	76	69.0	63	61	59.8	58	89	73.0	57	13	2,91	0	29.7	29.7	29.7	0.00	4,2
17/set	80	70.0	64	61	58.4	54	90	68.6	41	11	1,92	0	29.7	29.6	29.6	0.00	4,3
18/set	77	69.1	64	59	56.8	55	80	66.3	46	11	2,59	2	29.7	29.6	29.6	0.00	4,4
19/set	75	67.6	63	59	58.6	57	84	73.5	56	11	2,55	0	29.7	29.7	29.6	0.00	4
20/set	73	67.7	64	64	61.0	58	94	79.9	59	11	2,10	0	29.6	29.6	29.5	0.00	3,6
21/set	73	67.7	63	68	64.8	60	98	90.9	82	18	4,47	3	29.6	29.5	29.4	0.00	3
22/set	73	66.3	61	62	57.3	49	97	75.5	43	9	2,50	2	29.8	29.7	29.6	0.00	3,7
23/set	74	66.5	60	60	58.3	56	90	76.0	56	13	5,00	0	29.8	29.8	29.8	0.00	4
24/set	76	69.0	64	68	63.0	58	91	81.9	56	13	3,13	4	29.8	29.8	29.8	0.00	3,7
25/set	76	66.7	61	60	56.4	54	89	70.8	47	11	3,00	2	29.8	29.8	29.8	0.00	4,1
26/set	78	67.8	61	58	55.9	52	86	68.1	40	11	3,35	4	29.8	29.8	29.7	0.00	4,5
27/set	79	68.0	61	61	57.5	53	86	70.5	40	13	3,62	4	29.8	29.8	29.8	0.00	4,5
28/set	80	67.8	61	60	56.6	55	86	69.4	43	11	2,86	2	29.8	29.8	29.7	0.00	4,4
29/set	82	67.3	58	61	57.3	53	87	72.3	44	13	3,71	4	29.8	29.7	29.7	0.00	4,7
30/set	80	68.2	64	64	62.7	61	94	83.5	59	11	2,59	3	29.7	29.7	29.6	0.00	3,8
01/out	79	69.3	64	63	60.3	55	88	74.4	43	9	2,68	0	29.8	29.7	29.7	0.00	3,4
02/out	75	66.3	61	60	55.0	51	87	68.9	45	9	3,08	2	29.8	29.8	29.8	0.00	4
03/out	78	67.4	60	63	57.9	54	85	72.5	55	11	3,13	0	29.8	29.8	29.8	0.00	3,9
04/out	79	70.0	63	65	60.0	55	93	72.3	48	9	2,64	0	29.8	29.7	29.7	0.00	3,8
05/out	74	65.4	61	56	54.5	53	84	69.0	49	11	3,22	2	29.8	29.7	29.7	0.00	3,9
06/out	81	68.7	61	60	57.3	55	84	68.5	45	13	3,58	2	29.8	29.8	29.8	0.00	4,5
07/out	84	70.3	61	60	49.1	35	85	52.2	18	11	3,44	4	29.8	29.7	29.7	0.00	5,5
08/out	81	71.2	64	64	60.7	53	85	70.0	53	13	4,02	4	29.7	29.7	29.7	0.00	4,4
09/out	72	64.1	61	54	49.0	41	76	60.1	34	16	5,28	7	29.8	29.8	29.7	0.00	4,9
10/out	83	68.8	59	52	50.3	43	74	54.9	25	11	2,19	0	29.7	29.7	29.6	0.00	5,2
11/out	79	69.1	61	58	53.3	49	75	58.2	41	11	1,43	0	29.7	29.7	29.6	0.00	4,3
12/out	73	68.4	65	64	60.8	58	89	76.6	65	16	7.8	0	29.6	29.6	29.6	0.00	4,1
13/out	74	67.5	64	63	61.2	57	96	81.2	57	16	11.0	7	29.6	28.3	0.0	0.00	4,2
14/out	67	61.4	58	62	53.5	47	96	77.5	52	16	8.9	0	29.8	28.4	0.0	0.00	3,8
15/out	68	61.3	55	53	50.8	49	87	69.6	51	11	5.7	0	29.9	29.8	29.8	0.00	3,7
16/out	70	62.5	56	60	55.1	52	91	77.3	57	13	5.0	0	29.8	29.8	29.7	0.00	3,4

Tabela 2 - Dados meteorológicos recolhidos pela estação meteorológica do Aeroporto Umberto Delgado, Lisboa, Portugal, e ETo calculado no software EToCalculator

	16/set	18/set	20/set	23/set	25/set	27/set	30/set	2/out	4/out	7/out	9/out	11/out	14/out	16/out	18/out
A.F.	3450	2000	2500	2900	2500	2550	3100	3200	2400	3050	2300	2400	3000	2200	2150
A.G.	3400	1400	1650	1900	1000	1150	2100	1700	50	2000	1600	1700	1200	1550	900
B.G.	2450	200	50	25	25	50	25	125	50	100	950	950	1200	900	950
B.F.	2300	800	900	900	950	900	125	950	900	1250	950	950	1200	1500	900

Debito (mm)	16set	17set	18set	19set	20set	21set	22set	23set	24set	25set	26set	27set	28set	29set	30set	1tout	2tout	3tout	4tout	5tout	6tout	7tout	8tout	9tout	10tout	11tout	12tout	13tout	14tout	15tout	16tout
A.F.	5.10	5.10	6.37	6.37	4.93	4.93	4.93	6.37	6.37	6.50	6.50	5.27	5.27	8.15	8.15	6.11	6.11	4.08	4.08	4.08	5.86	5.86	6.11	6.11	5.10	5.10	5.10	5.10	5.61	5.61	5.48
A.G.	3.57	3.57	4.20	4.20	3.23	3.23	2.55	2.55	2.93	2.93	3.57	3.57	3.57	4.33	4.33	0.13	0.13	0.08	0.08	0.08	4.08	4.08	4.33	4.33	2.04	2.04	2.04	3.95	3.95	2.29	2.29
B.F.	0.51	0.51	0.13	0.13	0.04	0.04	0.06	0.06	0.13	0.13	0.04	0.04	0.04	0.32	0.32	0.13	0.13	0.08	0.08	0.08	2.42	2.42	2.42	2.42	2.04	2.04	2.04	2.29	2.29	2.42	2.42
B.G.	2.04	2.04	2.29	2.29	1.53	1.53	1.53	2.42	2.42	2.29	2.29	0.21	0.21	2.42	2.42	2.29	2.29	1.53	1.53	1.53	2.42	2.42	2.42	2.42	2.04	2.04	2.04	3.82	3.82	2.29	2.29

<i>Plantas BISA</i>	ETL	Eto	Kc	Kv	Kmc	Kd	Ksm
<i>Actinidia kolomikta</i>	3,32	5,10	0,65	0,50	1,00	1,30	1,00
<i>Clematis vitalba</i>	5,97	5,10	1,17	0,90	1,00	1,30	1,00
<i>Jasminum officinale</i>	3,32	5,10	0,65	0,50	1,00	1,30	1,00
<i>Lonicera japonica</i>	1,33	5,10	0,26	0,20	1,00	1,30	1,00
<i>Lonicera periclymenum</i>	1,33	5,10	0,26	0,20	1,00	1,30	1,00

Tabela 5 -Valores utilizados para o cálculo do ETL das plantas da zona BISA

<i>Plantas ANFI</i>	ETL	Eto	Kc	Kv	Kmc	Kd	Ksm
<i>Campsis x tagliabuana</i>	4,64	5,10	0,91	0,50	1,40	1,30	1,00
<i>Fallopia baldschuanica</i>	1,86	5,10	0,36	0,20	1,40	1,30	1,00
<i>Lonicera periclymenum</i>	1,86	5,10	0,36	0,20	1,40	1,30	1,00
<i>Vitis sp.</i>	4,64	5,10	0,91	0,50	1,40	1,30	1,00
<i>Wisteria sinensis</i>	4,64	5,10	0,91	0,50	1,40	1,30	1,00

Tabela 5 -Valores utilizados para o cálculo do ETL das plantas da zona ANFI